# DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR

9



K.-H. Schubert

**Praktisches Radiobasteln II**

Der praktische Funkamateur · Band 9 · Praktisches Radiobasteln II

KARL-HEINZ SCHUBERT

# Praktisches Radiobasteln II

Funktechnische
Bauelemente und Konstruktionstechnik




VERLAG SPORT UND TECHNIK · 1960

Redaktionsschluß: 10. April 1960
Herausgegeben vom Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin

Gedruckt in der Deutschen Demokratischen Republik
Lizenz-Nr.: 545/5/60 5/I 2252

# VORWORT

Mit einer Reihe von drei Broschüren wollen wir den Radio- und Funkbastelfreunden das unbedingt notwendige theoretische Wissen vermitteln und die erforderliche Anleitung zum Bau funktechnischer Geräte geben.

In Heft 8 unserer Reihe „Der praktische Funkamateur" wurden die handwerklichen Grundlagen sowie die Einrichtung eines zweckmäßigen Arbeitsplatzes erörtert.

Die vorliegende zweite Broschüre geht auf die Anwendung der verschiedenen funktechnischen Bauelemente und auf Konstruktionstechniken ein.

Die dritte Broschüre, die Ende des Jahres erscheint, bringt dann verschiedene Vorschläge und Anleitungen für den eigentlichen Bau von funktechnischen Geräten.

Wir hoffen, daß wir mit dieser Fortsetzungsreihe nicht nur neue Funkbastelfreunde gewinnen, sondern auch den Jungen Technikern in der Pionierorganisation „Ernst Thälmann", den Zirkeln der Freien Deutschen Jugend und den Amateurfunk-Kollektivstationen der Gesellschaft für Sport und Technik Hilfe für ihre Arbeit geben können. Im Hinblick auf künftige Neuauflagen sind uns Vorschläge zur Ergänzung oder Verbesserung des Inhaltes sehr willkommen.

Neuenhagen, April 1960

Autor und Verlag

# 1. FUNKTECHNISCHE BAUELEMENTE

Für den Aufbau funktechnischer Geräte werden eine ganze Vielzahl spezieller Bauelemente benötigt. So vor allem Widerstände, Kondensatoren, Spulen, Elektronenröhren, Transformatoren u. a. m. Über die Verwendung der modernen Miniaturröhren erschien vom gleichen Verfasser in der Reihe „Der praktische Funkamateur" bereits eine Broschüre (Band 13: „Miniaturröhren und ihre Schaltungstechnik"), so daß eine Behandlung der Elektronenröhre hier nicht mehr notwendig ist. Da eine Beschreibung aller funktechnischen Bauelemente den Rahmen dieser Broschüre überschreiten würde, sollen anschließend nur die wichtigsten behandelt werden.

## 1.1 Widerstände

Ebenso wie der Kondensator hat der Widerstand in der Funktechnik weitgehend Anwendung als Bauelement gefunden. Im elektrotechnischen Sinn wird dabei das Wort „Widerstand" in zweierlei Hinsicht angewendet. Einmal versteht man unter einem Widerstand in der Elektrotechnik das Verhältnis der elektrischen Spannung zum elektrischen Strom, zum anderen bezeichnet man mit diesem Wort ein Bauelement mit bestimmten Widerstandseigenschaften. Die Grundeinheit des Widerstandes ist das **Ohm** [$\Omega$]. Vielfache der Einheit „Ohm" werden wie folgt bezeichnet:

1 Kiloohm = 1 k$\Omega$ = $10^3$ Ohm
1 Megaohm = 1 M$\Omega$ = $10^6$ Ohm
1 Gigaohm = 1 G$\Omega$ = $10^9$ Ohm
1 Terraohm = 1 T$\Omega$ = $10^{12}$ Ohm

Bei den Widerständen werden verschiedene Bauformen unterschieden: Drahtwiderstand, Schichtwiderstand und Massewiderstand (Bild 1).

**Drahtwiderstände** werden vor allem bei höheren Belastungen eingesetzt. Ein drahtförmiger Leiter mit hohem spezifischem Widerstand bildet ihren Widerstandswert, der Widerstandsdraht (Nickelin, Konstantan usw.) ist dabei um ein Porzellanrohr gewickelt. Die Widerstands-

drahtenden sind an je einer der beiden Metallschellen anzulöten, die an den Enden des Porzellanrohres sitzen. Drahtwiderstände werden bis ungefähr 50 kOhm her-

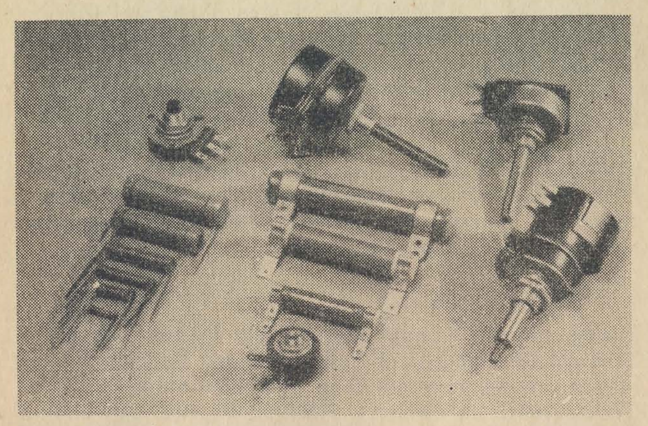


Bild 1. Verschiedene Ausführungsformen von Widerständen; Schichtwiderstände 1/10 W bis 4 W (links) und Drahtwiderstände für höhere Belastungen (Mitte). Verschiedene Schichtpotentiometer (oben), ein Doppelpotentiometer mit angebautem Schalter (rechts unten) und ein Entbrummer (Mitte unten)

gestellt bei einer Belastung bis zu etwa 50 W. Zur Aufteilung des Widerstandswertes besitzen Drahtwiderstände oft auch Abgriffschellen.

**Schichtwiderstände** bestehen aus einem stabförmigen Keramikkörper, auf den eine kristalline Glanzkohleschicht aufgebrannt wird. Den gewünschten Widerstandswert erhält man durch das Einschleifen einer entsprechend breiten Wendel. Es entsteht dann ein bandförmiger Kohleschichtstreifen. Schichtwiderstände werden bis ungefähr 10 MOhm bei Belastungen bis etwa 6 W hergestellt.

**Massewiderstände** bestehen aus einem Gemisch von leitendem Material und isolierenden Werkstoffen. Sie werden meist in Stabform mit rundem Querschnitt hergestellt. Genau wie bei den Schichtwiderständen befinden sich an den Enden aufgepreßte Metallkappen mit den Anschlußdrähten. In der Funktechnik finden diese Wider-

stände als Arbeits-, Vor-, Dämpfungs- oder Siebwiderstand Verwendung.

Für bestimmte Aufgaben benötigt man regelbare Widerstände, z. B. für Lautstärkeregelung, Tonhöhenregelung usw. Solche regelbaren Widerstände werden auch als Potentiometer bezeichnet. Durch eine Drehbewegung ändert man den Widerstandswert kontinuierlich. Auf der Achse sitzt zu diesem Zweck isoliert ein Schleifer, der auf der Widerstandsschicht aufliegt. Ein normales Potentiometer besitzt drei Anschlüsse: Anfang der Widerstandsschicht, Ende der Widerstandsschicht und Schleifer. Verläuft die Änderung des Widerstandswertes linear mit dem Drehwinkel, so spricht man von einem Potentiometer mit linearer Kennlinie. Nichtlineare Kennlinien bei Potentiometern weisen meist einen logarithmischen Verlauf auf. Vielfach ist das Potentiometer auch mit einem Schalter gekoppelt. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Schaltern, die durch eine Drehbewegung der Achse oder eine Zug-Druck-Bewegung ausgelöst werden. Für größere Belastungen gibt es Potentiometer mit einer Widerstandsdrahtwicklung.

Eine besondere Art des Massewiderstandes ist der Heißleiter. Er dient bei der Serienheizung der Röhren in Allstromgeräten zum Schutz der Röhrenheizfäden gegen Überlastung beim Einschaltvorgang. Der Heißleiter besitzt im kalten Zustand einen höheren Widerstandswert als im heißen Zustand. Der Soll-Wert der Heizstromstärke wird erst nach einer bestimmten Anheizzeit erreicht.

## 1.2 Kondensatoren

Der Kondensator in seinen verschiedensten Ausführungsformen (Bild 2) ist das wichtigste Bauelement für die Funktechnik. Das Dielektrikum kann aus Glimmer, Keramik, Papier, Kunststoffolie oder Luft bestehen. Glimmerkondensatoren sind durch die heutigen modernen Kondensatoren fast völlig verdrängt. Bei den Papier- oder Kunstfolienkondensatoren ist die Kapazität in Form eines Kondensatorwickels dargestellt. Nach seiner Fertigstellung wird der Kondensatorwickel in einem entsprechenden

Rohrstück aus Hartpapier, Keramik oder Aluminium untergebracht und luftdicht verschlossen. Nur die beiden Anschlußdrähte führen an den Rohrenden heraus.



Bild 2. Verschiedene Ausführungsformen von Kondensatoren und Elektrolytkondensatoren. Links keramische HF-Kondensatoren, daneben Kunstfolierkondensatoren (Styroflex), ganz unten ein keramischer Durchführungskondensator. Mitte rechts oben ein Metallpapier-Becherkondensator, darunter Niedervolt-Elektrolytkondensatoren. Rechts Hochvolt-Elektrolytkondensatoren als Alubecher mit Befestigungsmutter, Isolierscheibe und Masseanschluß und als Kunststoffbecher

Die Grundeinheit der Kapazität ist das **Farad** (F). Da diese Einheit für den praktischen Gebrauch in der Funktechnik zu groß ist, verwendet man folgende zugeschnittene Größen:

1 Mikrofarad = 1 $\mu$F = $10^{-6}$ F
1 Nanofarad = 1 nF = $10^{-9}$ F
1 Picofarad = 1 pF = $10^{-12}$ F

Bei den Kunstfolienkondensatoren wird als Dielektrikum Styroflexfolie verwendet. Während bei den Papier- und Kunstfolienkondensatoren kennzeichnend der zusammengerollte Kondensatorwickel ist, werden bei den keramischen Kondensatoren zwei Silberbeläge innerhalb und außerhalb des Keramikrohres aufgebaut. Die beiden Anschlußdrähte sind jeweils an den entsprechenden Kondensatorbelag angelötet.

Die keramischen Kondensatoren werden vor allem im

HF-Gebiet verwendet. Papier- und Kunstfolienkondensatoren können sehr vielseitig in der praktischen Funktechnik eingesetzt werden. Im HF-Gebiet kann bei nicht zu hohen Anforderungen auch der Kunstfolienkondensator benutzt werden. Eine besondere Abart des Papierkondensators ist der Metallpapierkondensator. Der Metallpapierkondensator besitzt nicht nur einen sehr geringen Umfang, sondern hat vor allem den Vorteil, daß er sich bei eventuell auftretenden Durchschlägen selbst regeneriert. Beim Metallpapierkondensator werden die beiden Metallbeläge auf das dünne Kondensatorpapier aufgedampft. Damit ein Kondensator im Betrieb nicht durchschlägt, ist vor allem auf seine Spannungsfestigkeit zu achten. Er darf keinesfalls an einer höheren als der dimensionierten Spannung betrieben werden. Die wichtigsten Spannungswerte der Kondensatoren sind: 125 V, 250 V, 500 V, 750 V und 1000 V.

Die Gleichstromsiebung erfordert große Kapazitäten, die sich nur mit Kondensatorwickeln von größeren Ausmaßen herstellen lassen. Für dieses Anwendungsgebiet wurde deshalb der Elektrolytkondensator geschaffen. Im Unterschied zum normalen Kondensator, der zwei metallische Kondensatorbeläge besitzt, wird beim Elektrolytkondensator der negative Belag durch den Elektrolyten gebildet. Als Gegenbelag dient eine Aluminiumfolie, auf die durch elektrolytische Einwirkung eine Aluminiumoxydschicht aufgebracht wird. Diese Oxydschicht stellt das Dielektrikum dar. Durch eine künstliche Aufrauhung der Oberfläche des Aluminiums konnte bei gleichbleibender Kapazität das Volumen der Elektrolytkondensatoren wesentlich verkleinert werden. Elektrolytkondensatoren werden für Betriebsspannungen von 350 V, 450 und 500 V als Lade- und Siebkondensatoren für Netzteile zur Glättung der Gleichspannung hergestellt. Für die Anwendung in der NF-Technik gibt es entsprechende Niedervolt-Elektrolytkondensatoren.

Für bestimmte Zwecke, z. B. für die Abstimmung von Schwingungskreisen, sind Kondensatoren mit veränderlicher Kapazität erforderlich. Man unterscheidet bei derartigen Kondensatoren zwischen Trimmern und Dreh-

kondensatoren (Bild 3). Trimmer finden Verwendung, wenn beim Abgleich eines Gerätes ein Schwingungskreis fest auf eine Frequenz abzustimmen ist. Muß dagegen die

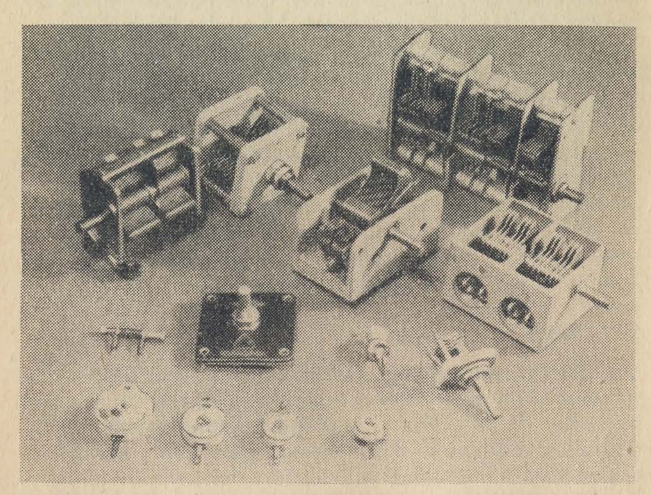


Bild 3. Verschiedene Ausführungsformen von Drehkondensatoren. Rechts oben ein kombinierter AM/FM-Drehko, Mitte rechts ein Zweifach-UKW-Drehko, Mitte links ein KW-Drehko, links ein Zweifach-Drehko in Kleinausführung. In der Mitte ein Hartpapier-Drehko und unten verschiedene Trimmer

Frequenzabstimmung variabel sein, so werden Drehkondensatoren (mit Luftdielektrikum oder mit Kunstfoliendielektrikum) benutzt. Normale Rundfunk-Drehkondensatoren mit einer Endkapazität von 500 pF werden in Eingang-, Zweigang- oder Dreigang-Ausführung hergestellt. Mit wesentlich kleineren Kapazitäten dagegen fertigt man Drehkondensatoren für den KW- und UKW-Bereich.

Drehkondensatoren mit Kunstfolien-Dielektrikum, allgemein als Hartpapier-Drehkondensatoren bezeichnet, werden dort verwendet, wo die Güte nicht von ausschlaggebender Bedeutung ist, z. B. als Rückkopplungs-Drehkondensator.

Während bei Wechselstrom die Kapazität je nach Frequenz

und Kapazitätsgröße einen bestimmten Blindwiderstandswert besitzt, ist bei Gleichstrom der Widerstand praktisch unendlich groß. Der Kondensator wird daher in der praktischen Schaltungstechnik als Rückkopplungs- und Gegenkopplungskondensator, als Schutz- und Trennkondensator, als Sieb- und Ableitkondensator eingesetzt.

## 1.3 HF-Spulen

Neben dem Kondensator ist die Induktivität einer Spule Bestandteil des LC-Schwingungskreises. Für die verschiedenen Frequenzbereiche wurden zahlreiche Aufbauformen von Spulen entwickelt (Bild 4). Bei Luftspulen läßt sich

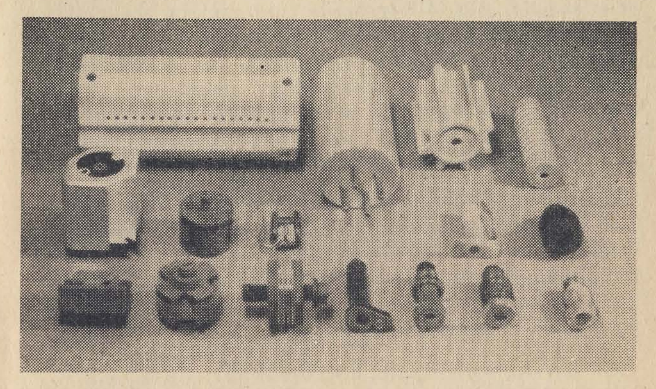


Bild 4. Keramische Spulenkörper und verschiedene HF-Eisenkernspulen. Links unten ein H-Kern, daneben Haspelkern, Rollenkern und Stiefelkern. Links Mitte eine abgeschirmte Topfkernspule, daneben Topfkern. Oben Mitte ein keramischer Spulenkörper mit RE-Sockel für KW-Spulen

eine genügend große Induktivität nur mit sehr vielen Windungen erreichen. Damit steigen automatisch die Verluste durch den Widerstand des verwendeten Drahtes an. Zur Erhöhung der Induktivität wird deshalb ein Eisenkern benutzt. Im Bereich der tiefen Frequenzen, also bei Niederfrequenz, finden Transformatorbleche Anwendung; bei Hochfrequenz dagegen sogenannte HF-Eisenkerne, um die Wirbelstromverluste möglichst gering zu halten. Die HF-

Eisenkerne bestehen aus einem Gemisch von Pulvereisen und isolierenden Bindemitteln. Im KW- und UKW-Bereich können vorteilhaft auch Luftspulen aus versilbertem Kupferdraht verwendet werden.

Die Grundeinheit der Induktivität ist das **Henry** (H). Da diese Einheit für den praktischen Gebrauch in der Funktechnik zu groß ist, verwendet man folgende zugeschnittene Größen:

1 Millihenry = 1 mH = $10^{-3}$ H
1 Mikrohenry = 1 $\mu$H = $10^{-6}$ H

Zu den bekanntesten HF-Eisenkernspulen zählen die Haspelkernspule, die Garnrollenspule, die Topfkernspule, die Würfelspule, die H-Kernspule und andere mehr. Dazu kommen Zylinderwicklungen, Kreuzspulwicklungen und Kammer- bzw. Scheibenwicklungen auf Isolierstoffkörpern, die mit einem Schraubkern abgestimmt werden können. Als Spulendraht wird im MW- und LW-Bereich HF-Litze, z. B. 20×0,07 mm Dmr., verwendet, im KW- und UKW-Bereich versilberter Kupferdraht.

Die Größe der Induktivität einer HF-Spule richtet sich nach dem Frequenzbereich und dem verwendeten Kapazitätswert des Kondensators, der zusammen mit der Spule den Schwingungskreis bildet. Für gewöhnliche Rundfunk-Drehkondensatoren können folgende Induktivitätswerte der HF-Spulen angenommen werden:

| | |
|---|---|
| LW-Antennenspule, hochinduktiv | ~ 6,5 mH |
| LW-Antennenspule, niederinduktiv | ~ 0,3 mH |
| LW-Schwingkreisspule | ~ 2 mH |
| MW-Antennenspule, hochinduktiv | ~ 1,2 mH |
| MW-Antennenspule, niederinduktiv | ~10 $\mu$H |
| MW-Schwingkreisspule | ~ 0,2 mH |
| KW-Antennenspule | ~ 1 $\mu$H |
| KW-Schwingkreisspule | ~ 1,3 $\mu$H |

Im Handel werden fertige und vorabgeglichene Spulensätze angeboten. So liefert die Firma Hochfrequenz-Werkstätten, Meuselwitz (Thür.), Einkreiser- und Superhet-Spulensätze mit einem oder mehreren KW-Bereichen. Die Firma G. Neumann, Creuzburg (Werra), bietet ähnliche

Spulensätze an, allerdings in den Ausführungen mit Drehschalter oder mit Drucktasten (Bild 5). UKW-Bauteile können von beiden Firmen bezogen werden, ebenfalls ZF-Bandfilter und ZF-Sperrkreise (Bild 6).

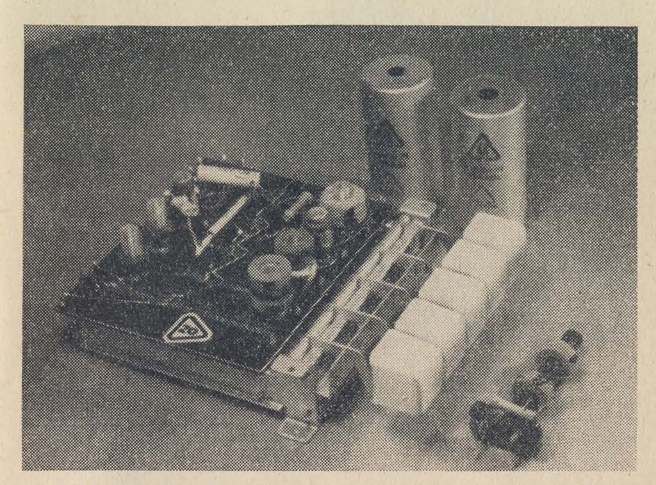


Bild 5. NEUMANN-Tastenspulensatz für einen 6-Kreis-Superhet für K-M-L-Welle, dahinter die beiden Bandfilter mit Alubecher, rechts ein offenes Bandfilter

Für die Siebung der aus einer Wechselspannung gewonnenen Anodengleichspannung werden Siebdrosseln eingesetzt. Infolge des induktiven Wechselstromwiderstandes der Siebdrossel ist die Siebwirkung eines Kondensator-Drossel-Gliedes besser als die eines Kondensator-Widerstands-Gliedes. Die Siebdrossel besteht aus einem Spulenkörper mit entsprechenden Windungen und einem Eisenkern mit Luftspalt. Ähnlich aufgebaut ist die Feldspule eines elektrodynamischen Lautsprechers, die im Luftspalt ein kräftiges Magnetfeld für die Schwingspule erzeugt. Bei Verwendung von elektrodynamischen Lautsprechern wird die Feldspule oft als Siebdrossel im Netzteil verwendet, allerdings muß gewährleistet sein, daß der zur Erzeugung des benötigten Magnetfeldes erforderliche Gleichstrom die Feldspule durchfließt.

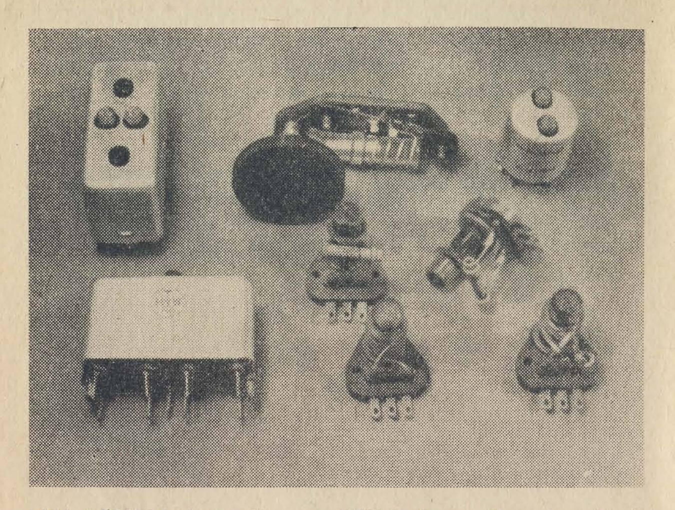


Bild 6. GÖRLER-Spulensatz für einen UKW-Empfänger. Mitte oben die abstimmbare Oszillatorspule, rechts daneben ein ZF-Bandfilter für 10.7 MHz. Darunter die ZF-Sperrkreise und Eingangs- und Zwischenkreisspule. Links außen kombinierte ZF-Bandfilter für 468 kHz und 10,7 MHz

## 1.4 Transformatoren

Transformatoren werden für verschiedene Zwecke in der praktischen Funktechnik eingesetzt, z. B. als Netztransformator, NF-Übertrager oder Ausgangsübertrager (Bild 7). Der Transformator besitzt auf einem Eisenkern ohne Luftspalt zwei oder mehrere Wicklungen zur Transformierung einer Wechselspannung nach höheren oder niederen Spannungswerten. Im Netzteil wird der Netztransformator verwendet, um die Wechselspannung des Versorgungsnetzes von meist 220 V, 50 Hz auf den Wert der Heizspannung und der Anodenspannung, die allerdings gleichgerichtet wird, zu transformieren. Handelsüblich sind eine Anzahl von Netztransformatoren für die verschiedensten Verwendungszwecke. Der Netztransformator N 85 U der Firma G. Neumann, Creuzburg (Werra), weist folgende Daten auf:

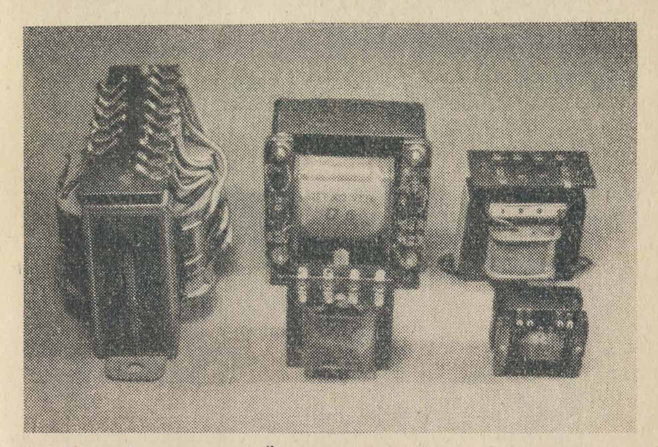


Bild 7. Transformatoren und Übertrager, links Netztransformator, daneben oben Ausgangsübertrager und Siebdrossel, darunter kleinere NF-Übertrager

| | | |
|---|---|---|
| Primärwicklung | | 110 V und 220 V |
| Sekundärwicklungen | a) | 2 × 280 V, 85 mA<br>angezapft bei 260 V und 240 V |
| | b) | Heizung 6,3 V, 0,9 A<br>angezapft bei 4 V |
| | c) | Heizung 6,3 V, 3,8 A |

In der Niederfrequenztechnik bezeichnet man den Transformator allgemein als Übertrager. Unterschieden wird zwischen Eingangs-, Mikrofon-, Zwischen- und Ausgangsübertragern. Die NF-Übertrager werden meist zur Widerstandanpassung benutzt, so zur Anpassung des niederohmigen Mikrofons an den hochohmigen Verstärkereingang oder die Anpassung der niederohmigen Schwingspule eines Lautsprechers an den hochohmigen Außenwiderstand der Endröhre eines Niederfrequenzverstärkers. Da der Anodenstrom der Endröhre über die hochohmige Wicklung des Ausgangsübertragers fließt, besitzt der Ausgangsübertrager zur Vermeidung einer Gleichstromvormagnetisierung einen Luftspalt.

## 1.5 Trockengleichrichter

An Stelle der Gleichrichterröhre kann zur Gleichrichtung einer Wechselspannung im Netzteil auch ein Trockengleichrichter verwendet werden (Bild 8). Oft kommt dafür

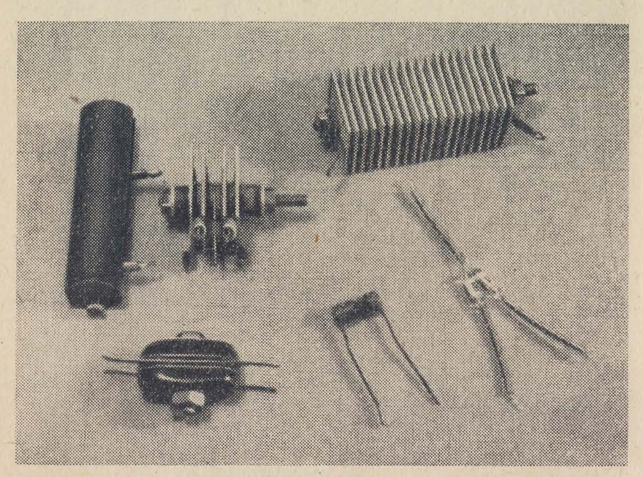


Bild 8. Trockengleichrichter und Germanium-Dioden für verschiedene Verwendungszwecke. Links unten ein Kupferoxydul-Meßgleichrichter („Maikäfer"), rechts daneben eine Germanium-Diode und ein Paar Germanium-Glasdioden

der aus einzelnen Platten zusammengesetzte Selengleichrichter in Anwendung. Während die Plattengröße maßgebend für die Strombelastung ist, bestimmt die Anzahl der Platten die gleichzurichtende Spannung. Die Sperrspannung neuerer Selenplatten beträgt etwa 20 V, die Strombelastung pro $cm^2$ etwa 30 mA.

Wie die Gleichrichterröhre läßt auch der Selengleichrichter den Strom nur in einer Richtung fließen. Der Minuspol befindet sich an der Metallplatte, der Pluspol an der silbrigen Schutzschicht der Selenplatte. Je nach dem Verwendungszweck kann man mit Selengleichrichtern Einweg-, Zweiweg- oder Graetz-Gleichrichterschaltungen aufbauen.

Neuerdings auf Germanium- oder Siliziumbasis hergestellte Trockengleichrichter weisen ein wesentlich kleineres Volumen als die Selengleichrichter auf.

Zur HF-Gleichrichtung verwendet man heute statt der früher üblichen Kristalldetektoren oder Sirutoren (Kupferoxydulgleichrichter) Germanium- oder Silizium-Dioden in Allglasausführung oder metallisierten Keramikkörpern (Bild 8).

## 1.6 Sonstige Bauelemente

Für den Selbstbau von Mehrbereich-Spulensätzen benötigt man Wellenschalter, die je nach Verwendungszweck Kreisschalter oder Drucktastenschalter sind (Bild 9).

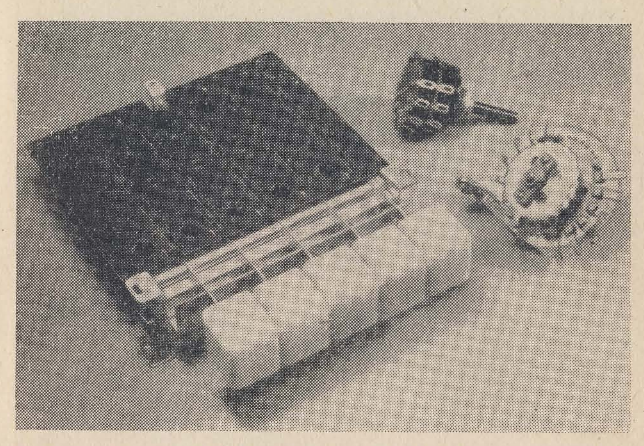


Bild 9, Drucktasten- und Drehschalter für verschiedene Anwendungszwecke

Kreisschalter mit einer oder mehreren Schaltebenen fertigt der VEB Elektrotechnik Eisenach. Besonders preisgünstig ist eine Bastel- und Reparaturpackung dieses Betriebes, die sämtliche Einzelteile für einen kompletten Kreisschalter (Mehrstellenschalter) mit mehreren (bis zu 5) Schaltebenen enthält.

Drucktastenschalter in verschiedenen Ausführungen fer-

tigen der gleiche Betrieb und die Firma G. Neumann, Creuzburg/Werra. Außerdem liefert die Firma Neumann auch einen Miniatur-Schiebetastenschalter (bis zu elf Tasten). Jeder einzelnen Taste können jeweils sechs Schaltkontakte zugeordnet werden.

Röhrenfassungen aus Pertinax, Preßstoff oder Keramik für die in den Röhrenlisten der volkseigenen Röhrenwerke enthaltenen Röhren sind im Handel erhältlich (Bild 10). Es ist ratsam, für den Aufbau von Geräten oder zum Ausprobieren von Schaltungen immer einige Röhrenfassungen vorrätig zu halten. Das trifft auch für normale Drehknöpfe oder für Zeigerknöpfe zu, die speziell für Meßgeräte verwendet werden (Bild 10).



Bild 10. Röhrenfassungen für sieben- und neunpolige Miniaturröhren sowie für Oktalröhren (links) und verschiedene Drehknöpfe (rechts)

Für einfache Schaltvorgänge, also ein- oder zweipolige Ein-Aus-Schaltungen sowie ein- oder zweipolige Umschaltungen, verwendet man Kippschalter (Bild 11). Für tragbare Geräte, an denen die Schalthebel aus Preßstoff leicht abgebrochen werden, empfiehlt sich die Anwendung der gleichen Schaltausführung als Schiebeschalter.

Stecker und passende Buchsen findet man in den vielfältigsten, dem jeweiligen Anwendungsgebiet und den damit verbundenen Anforderungen entsprechenden Aus-

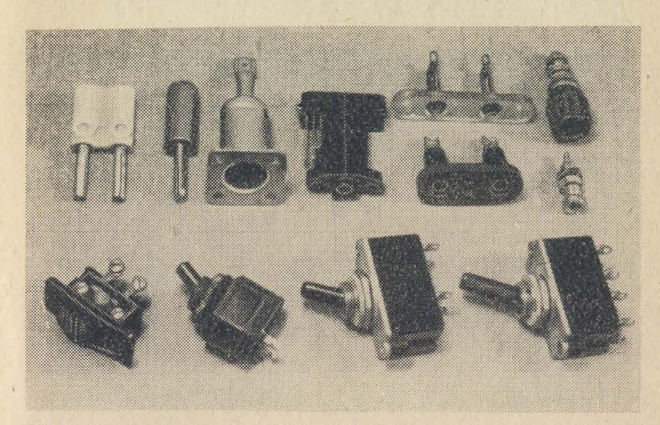


Bild 11. Verschiedene Bauteile für den Selbstbau von funktechnischen Geräten, ein- und zweipolige Stecker und Buchsen (oben) und verschiedene Kipp- und Schiebeschalter (unten)

führungen. Die einfachste Steckverbindung, Bananenstecker und Telefonbuchse, genügt in vielen Fällen, z. B. bei Netzgeräten, Rundfunkempfängern usw. Bei NF-Verstärkern mit empfindlichen Eingängen, also bei kleinen Eingangsspannungen wie in Mikrofon-Vorverstärkern, empfiehlt sich zur Vermeidung von Brummeinstreuungen die abgeschirmte Ausführung einer Steckverbindung. Das gleiche trifft zu für einige Anwendungen in der HF-Technik, z. B. bei Meßsender-Ausgängen, Frequenzmesser-Eingängen usw.

Um den Netztransformator oder andere teure Bauelemente vor Schaden zu bewahren, wird eine Absicherung des Geräte-Netzeinganges und der Anodengleichspannung angeraten. Für diese Zwecke sind Feinsicherungen angebracht (Bild 12), die in einem Glasröhrchen zwischen zwei Metallkappen den leicht schmelzenden Draht enthalten. Als Sicherungshalter benutzt man Pertinaxbrettchen mit

zwei Klemmfedern oder ein Sicherungselement mit Schraubkopf. Bei der Absicherung ist der Nennstromwert der Feinsicherung etwas höher zu bemessen als der tatsächlich fließende Strom. Die entsprechenden Feinsiche-

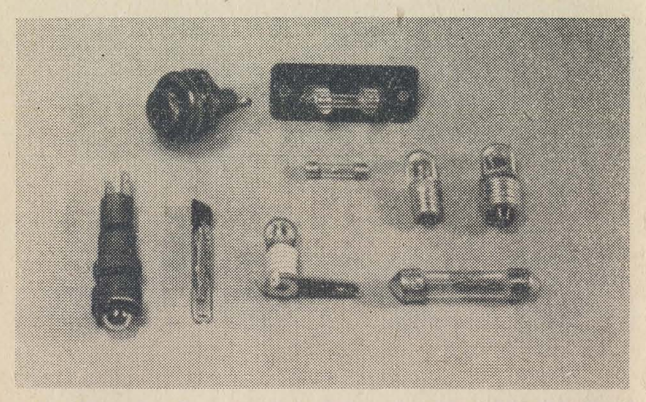


Bild 12. Feinsicherungen (oben), Skalenlampen und Glimmlampen mit entsprechenden Fassungen (unten)

rungen werden in den Ausführungen „flink“ und „träge“ hergestellt. Träge Feinsicherungen können eine Zeitlang mit einer höheren Stromstärke betrieben werden, ehe sie durchbrennen.

Für die Beleuchtung von Skalen und zur Anzeige des Betriebszustandes werden kleine Glühbirnen verwendet (Bild 12). In Wechselstromgeräten findet man meist Glühbirnen für 6,3 V/0,3 A und in Allstromgeräten Glühbirnen für 18 V/0,1 A. Zur Anzeige des Betriebszustandes benutzt man auch oft kleine Glimmlampen. Bei Anwendung der Glimmlampen muß beachtet werden, daß diese einen Vorwiderstand von etwa 300 kOhm benötigen. Für die einzelnen Glühbirnenarten, mit Schraubsockel oder in Soffittenausführung, gibt es verschiedene Arten von Lampenfassungen, die man je nach Bedarf wählt.

Zum Selbstbau von Skalenantrieben für Empfangs- oder Meßgeräte hält der Handel Skalenräder (Seilräder) in

verschiedenen Größen bereit (Bild 13). Auch die für die Führung des Skalenseiles notwendigen Umlenkrollen kann man ebenso wie die auf 6-mm-Achsen aufschiebbaren Antriebs-Hohlachsen käuflich erwerben.

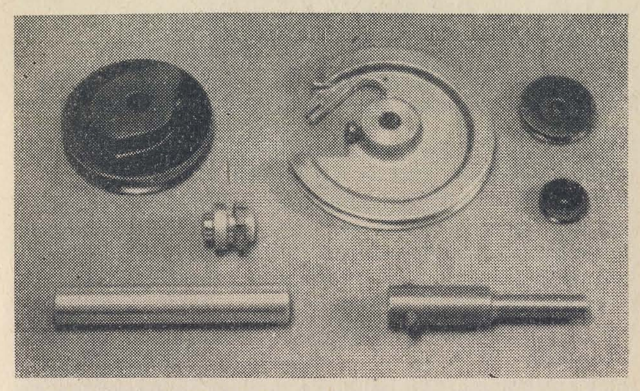


Bild 13. Verschiedene Bauteile für den Selbstbau von Skalen wie Seilräder Umlenkrollen, Führungsbuchse, Antriebsachse und Verlängerungsachse

Zum Verdrahten eines selbstgebauten Gerätes ist isolierter Schaltdraht mit einem Kupferdurchmesser von 0,5 mm oder 0,7 mm erforderlich. Wird die Schaltverbindung dauernden Bewegungen ausgesetzt, so muß isolierte Schaltlitze verwendet werden, die sehr flexibel ist. Zum Isolieren blanker Drahtverbindungen nimmt man Isolierschlauch (Gummi- oder getränkten Webschlauch). Für HF-Spulen hält man HF-Litze 20 × 0,07 mm und versilberten Kupferdraht vorrätig.

## 2. WIE BAUEN WIR FUNKTECHNISCHE GERÄTE AUF

Wer sich ein Empfangsgerät, ein Meßgerät oder einen Verstärker bauen möchte, muß als ersten Arbeitsgang die notwendige Schaltung entwerfen oder besorgen. Die

Schaltung gibt an, welche funktechnischen Bauelemente für den Aufbau des Gerätes notwendig sind. Die erforderlichen Bauteile beschafft man sich beim Fachhändler, in den Fachgeschäften der HO oder des Konsums oder bei der zuständigen Materialversorgungsstelle des Bezirksvorstandes der GST. Sind alle Einzelteile vorhanden, dann beginnt die eigentliche Konstruktionstätigkeit.

## 2.1 Anordnung der Einzelteile auf dem Chassis

Um Pannen, wie etwa verbohrte Löcher oder gar ein nicht mehr brauchbares Chassis, zu vermeiden, empfiehlt es sich, an die konstruktiven Aufgaben äußerst gewissenhaft heranzugehen. Zwar ist noch kein Meister vom Himmel gefallen, und auch der angehende Radiobastler muß Lehrgeld zahlen; aber mit genügend Überlegung bei der Arbeit kann man größere Fehler vermeiden.

Bei der Anordnung der einzelnen Bauelemente auf dem Chassis kommt es darauf an, diese in der richtigen Reihenfolge aufzubauen. Das heißt, die zu einer Stufe gehörenden Bauelemente werden zusammenhängend angeordnet und die in der Schaltung aufeinanderfolgenden Stufen auch auf dem Chassis dieser Folge entsprechend aufgebaut. Weiter sind die einzelnen Bauelemente so anzuordnen, daß eine gegenseitige Beeinflussung möglichst vermieden wird. Das bedingt in dem einen oder anderen Fall Abschirmung für einzelne Bauelemente.

Bild 14 zeigt den Aufbauplan für einen Einkreis-Empfänger. Alle größeren Bauteile (Röhren, Drehkondensatoren, Elektrolytkondensatoren und Ausgangsübertrager) finden auf dem Chassis Platz, während kleinere Bauelemente (Widerstände, Kondensatoren, Spulensatz, Trockengleichrichter und Rückkopplungs-Drehkondensator) unter dem Chassis angeordnet werden. Ebenso befinden sich unter dem Chassis die Potentiometer für Lautstärke und Klangregelung, während der Netztransformator bei dieser Anordnungsart beim Einbau des Chassis in das Holzgehäuse neben das Chassis gestellt wird.

Aus der Anordnung des Aufbauplans erkennt man den zweckmäßigen Aufbau der einzelnen Bauelemente auf

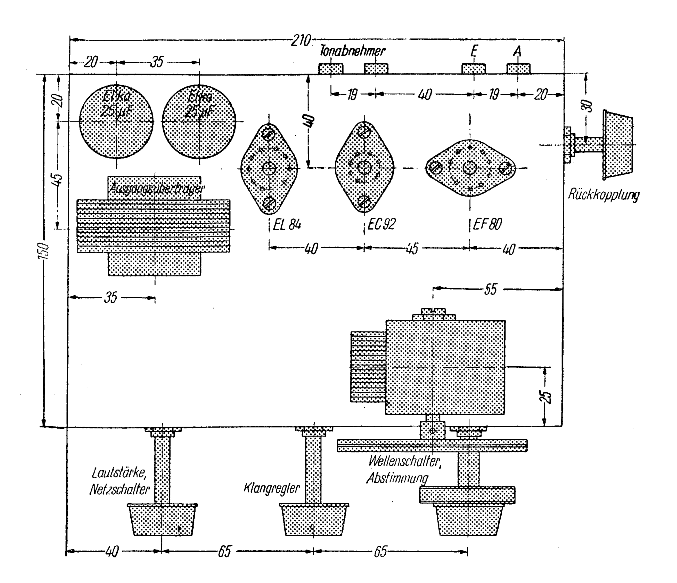



Bild 14. Aufbauplan eines einfachen Einkreis-Empfängers

dem Chassis. So folgt auf die Audionröhre EF 80 die NF-Vorröhre EC 92 und auf diese die Endröhre EL 84. Unmittelbar zur Audionstufe gehören der Abstimm-Drehkondensator, der Spulensatz (unter dem Drehkondensator angeordnet), der Rückkopplungs-Drehkondensator (ebenfalls unter dem Chassis angeordnet), und an der Rückseite die Antennen- und die Erdbuchse. Damit stehen alle zur Audionstufe gehörenden Bauelemente zusammen, und die Verdrahtung benötigt keine langen Zuleitungen. Genauso verhält es sich bei den anderen Röhrenstufen.

Lange Zuleitungen zu den im Verstärkungsweg liegenden Bauelementen bergen vielerlei Störquellen in sich. So führen sie oft zu einer Schwingneigung (Selbsterregung), die sich durch Pfeifen und ähnliche Geräusche bemerkbar macht; auch können Brummeinstreuungen jegliche saubere

Verstärkung illusorisch machen. Es muß also schon bei der Festlegung der Konstruktion die Verdrahtung berücksichtigt werden.

Das Vermeiden der Schwingneigung ist vor allem wichtig bei Geräten, die mehrere, auf der gleichen Frequenz arbeitende HF-Schwingkreise besitzen, so z. B. bei Mehrkreis-Empfängern, bei mehrkreisigen HF-Eingangsschaltungen von Superhet-Empfängern und bei ZF-Verstärkern. Liegt bei einer Elektronenröhre am Steuergitter und an der Anode je ein Schwingkreis mit gleicher Resonanzfrequenz, so erfolgt bei genügender Größe der Gitter-Anoden-Kapazität der Elektronenröhre eine Selbsterregung (Prinzip des Huth-Kühn-Senders). Es müssen also Gitterkreis und Anodenkreis gut gegeneinander abgeschirmt werden. Die jeweiligen Spulen dürfen nicht aufeinander koppeln, weil dadurch die Selbsterregung noch gefördert wird.
Im Niederfrequenzverstärker sind vor allem die Zuleitungen zu den Steuergittern der Verstärkerröhren gegen Brummen empfindlich. Hier helfen nur abgeschirmte Leitungen, wenn man längere Leitungen, z. B. zum Lautstärkeregler, verlegen muß. Ein Ende des Abschirm-Kupfergeflechtes wird dabei an Masse gelegt.

Schwingkreis-Bauelemente, also Spulensatz und Abstimm-Drehkondensator, sind eng übereinander oder nebeneinander aufzubauen, damit die Verdrahtung ebenfalls so kurz wie möglich ausgeführt werden kann. Offene Spulen sollen dabei nicht zu nahe an Metallteile gesetzt werden, da sonst die Güte der Spule verschlechtert wird. Transformatoren bzw. Eisen-Drosseln sind so nebeneinander aufzubauen, daß ihre magnetischen Achsen senkrecht aufeinanderstoßen (Bild 15), sonst erfolgt eine gegenseitige Beeinflussung durch das Magnetfeld der einzelnen Eisenkerne. So kann z. B. bei falschem Aufbau die Siebwirkung einer Eisendrossel durch den Netztransformator verschlechtert werden. Auch sollen die Eisenkerne möglichst eine Isolierstoff-Unterlage (Pertinax) erhalten, damit über das Chassis keine Brummeinstreuungen erfolgen.

Bild 16 zeigt den zweckmäßigen Aufbau eines 6-Kreis-AM-Superhet-Empfängers. Auf die Mischoszillatorröhre ECH 81 folgt das erste ZF-Bandfilter. Anschließend ist die ZF-

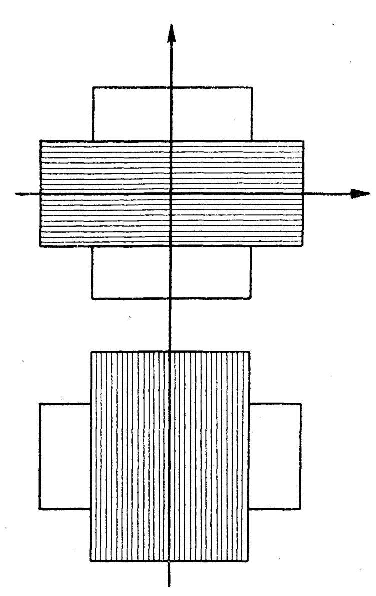


Bild 15. Richtige Anordnung von Transformatoren und Drosseln, um die gegenseitige magnetische Beeinflussung zu mindern

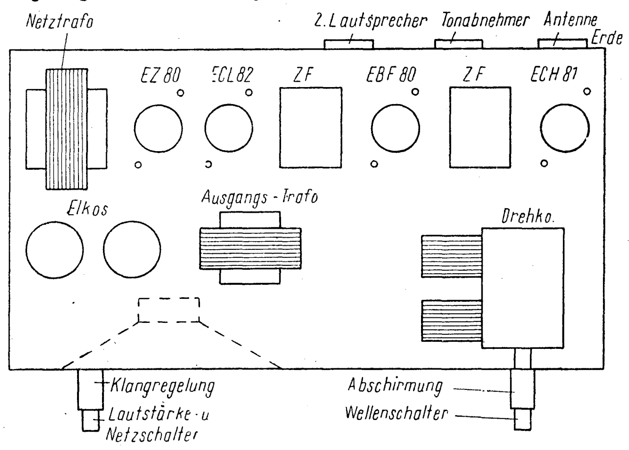



Bild 16. Aufbaubeispiel für einen 6-Kreis-Superhet

Verstärkerröhre EBF 80 angeordnet, danach das zweite ZF-Bandfilter. Die Demodulation erfolgt ebenfalls in der Röhre EBF 80. An das zweite ZF-Bandfilter schließt sich der zweistufige Niederfrequenzverstärker mit der Röhre ECL 82 an. Ausgangstransformator und Lautsprecher sind vor der NF-Röhre angeordnet. Im linken Teil des Chassis befindet sich der Netzteil. Verwendet man für den zweistufigen NF-Teil zwei getrennte Röhren, z. B. EC 92 und EL 84, so kann das zweite ZF-Bandfilter vor der Röhre EBF 80 angeordnet werden und die NF-Vorverstärkerröhre EC 92 an der ursprünglichen Stelle des zweiten ZF-Bandfilters.

Einen besonders sorgfältigen Aufbau muß man bei UKW-Empfängern vornehmen, um Schwingneigungen zu vermeiden. Bei den verwendeten hohen Frequenzen bilden bereits kurze Drahtstücke wesentliche Induktivitäten und Kapazitäten. Man sollte deshalb so eng wie möglich aufbauen, damit zur Verdrahtung kaum Schaltdraht benötigt wird.

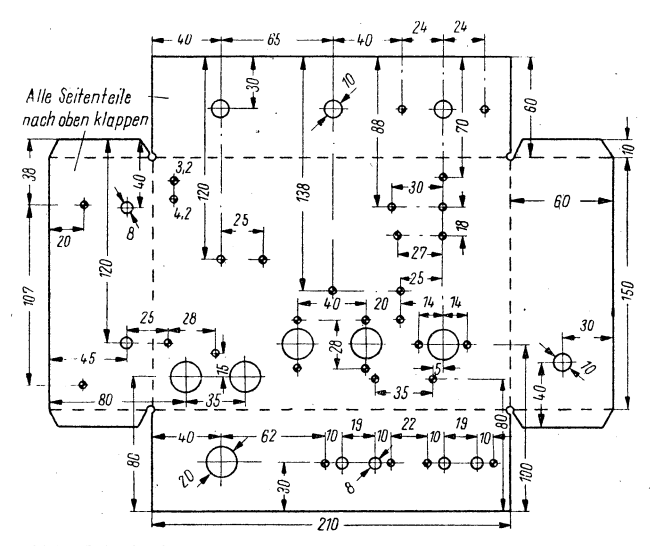



Bild 17. Bohrplan für das Chassis des in Bild 14 gezeigten Geradeaus-Empfängers

Der Aufbau eines O-V-1 (Audion plus NF-Stufe) ist schon recht schwierig, wenn man einigermaßen vernünftige Empfangsergebnisse erzielen will. Mancher Newcomer (Neuling) hat schon die Flinte ins Korn geworfen, weil die Rückkopplung nicht den Anforderungen entsprach.

Sorgfältig überlegter Aufbau ist also eine Grundvoraussetzung für das spätere einwandfreie Funktionieren eines selbstgebauten Gerätes. Man sollte sich daher nicht scheuen, die Hilfe erfahrener Kameraden in Anspruch zu nehmen, die an den Kollektivstationen der GST jederzeit zu finden sind. Ist der Aufbau klar, so zeichnet man am besten das Chassis im Maßstab 1:1 auf einen Bogen Papier auf, legt die Anordnung der einzelnen Bauelemente fest und bestimmt die wichtigsten Maße der auszuführenden Bohrungen. So entsteht ein Bohrplan, mit dessen Hilfe die Maße auf das Chassis übertragen werden (Bild 17). Erst dann wird mit den Bohrungen begonnen.

## 2.2 Anordnung der Einzelteile auf der Frontplatte

Viele Geräte werden so ausgeführt, daß man hinter einer senkrecht stehenden Frontplatte ein waagerecht liegendes Chassis anordnet. Das trifft vor allem zu für KW-Geräte, Meßgeräte, Netzgeräte und Verstärker. Bei dieser Bauart

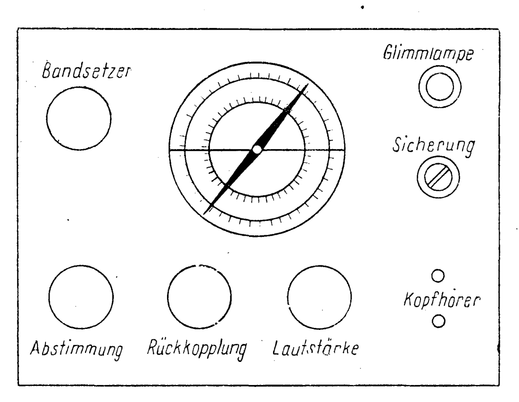



Bild 18. Aufbaubeispiel der Frontplatte eines O-V-1 für den KW-Empfang

werden die wichtigsten Bauelemente, die entweder zur Anzeige erforderlich oder laufend zu bedienen sind, auf der Frontplatte angeordnet. Die Bauelemente sollten jedoch nicht regellos angebracht werden, damit auch die Frontplatte einen ansprechenden Eindruck vermittelt.

Bild 18 zeigt die Frontplatte eines KW-Einkreisempfängers (O-V-1). In der Mitte befindet sich die Skala des KW-Empfängers, rechts daneben die Glimmlampe, die die Betriebsbereitschaft des Gerätes anzeigt sowie die Sicherung des Netzteiles. Der Netzteil ist auf dem Chassis dahinter angeordnet. Die oft gebrauchten Drehknöpfe sind unten angebracht und tragen so erheblich zur Bequemlichkeit bei. Der Amateur lernt diese tiefliegende Anordnung besonders dann schätzen, wenn er in einem Wettkampf stundenlang am Empfänger sitzt und den bedienenden Arm dabei auf der Tischplatte auflegen kann. Aus diesem Grund ist der Drehknopf der Bandabstimmung ebenfalls im linken Teil des Gerätes eingesetzt, da die rechte Hand meist zum Mitschreiben benutzt wird und die linke Hand indessen bequem den Empfänger abstimmen kann. Weiterhin sind unten der Drehknopf für die Lautstärkeregelung, die Rückkopplungsregelung und der Kopfhöreranschluß. Links oben befindet sich der Drehknopf für den Bandsetzer-Drehkondensator, der in jedem Empfangsband nur einmal eingestellt wird. Bei der

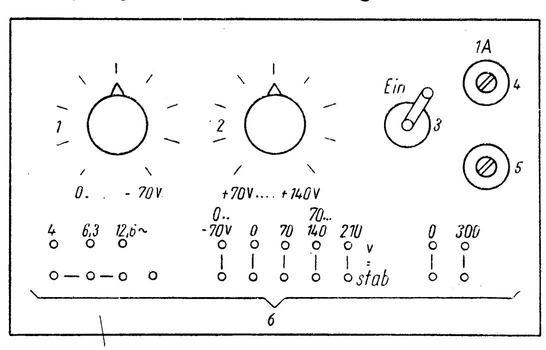



Bild 19. Aufbaubeispiel der Frontplatte eines Netzgerätes

Anordnung der Einzelteile auf der Frontplatte sollte auf die Wahrung einer gewissen Symmetrie geachtet werden (Bild 19).

Es ist ratsam, sich auch von der Frontplatte vor der Ausführung der Bohrarbeiten eine maßgerechte Skizze anzufertigen, was das Arbeiten wesentlich erleichtert. Vor allem darf man das dahinter liegende Chassis nicht außer acht lassen, sonst kann es vorkommen, daß das Potentiometer oder andere Bauteile an das Chassis anstoßen und durch Aussägen und Feilarbeiten erst Platz dafür geschaffen werden müßte.

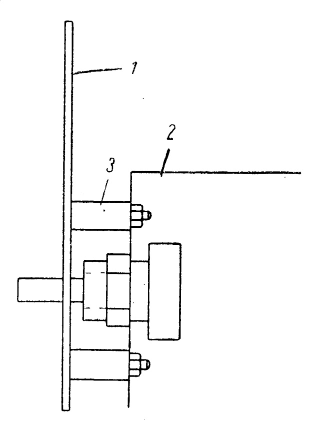



Bild 20. Anordnung der Frontplatte (1) vor dem Chassis (2) mit Hilfe von Abstandsstücken (3). Die Befestigung von Schaltern und Potentiometern erfolgt am Chassis, so daß lediglich die Achsen durch die Frontplatte führen

Sollten die Befestigungsmuttern, z. B. das Potentiometer, auf der Frontplatte stören, so kann man hinter der eigentlichen Frontplatte in einem bestimmten Abstand eine zweite Platte anordnen, auf der die einzelnen Bauelemente befestigt werden (Bild 20). Die Frontplatte enthält dann nur die Durchführungslöcher für die Achsen. Glatt anliegende Bauelemente wie Meßinstrumente, Sicherungen oder Glimmlampen bringt man allerdings auf der Frontplatte an. Damit die Bohrungen genau übereinanderliegen (Befestigungsloch und Durchführungsloch), werden beide

Platten zusammengespannt und gleichzeitig gebohrt. In diesem Falle sind die Maße nur auf der Frontplatte festgelegt. Die Aufbauplatte wird dann mit entsprechenden Abstandsstücken an der Frontplatte befestigt. Außerdem erlaubt die Bauweise mit zwei Platten eine gute Lösung der Skalenfrage, ganz gleich, ob eine Rund-, Halbrund- oder Linearskala Verwendung finden soll. An der Frontplatte wird die Abdeckscheibe der Skala befestigt und an der Aufbauplatte die Skala selbst. Der Zeiger bewegt sich dann zwischen den beiden Platten.
Für die Kennzeichnung und Beschriftung der einzelnen auf der Frontplatte angeordneten Bauelemente gibt es zahlreiche Möglichkeiten. Am saubersten wirkt es, wenn die entsprechenden Bezeichnungen auf der Frontplatte oder auf schwarzlackierten Blechschildern bzw. Schichtkunststoffen eingraviert werden. Auf Aluminiumfrontplatten, die lediglich mit Schmirgelleinen glattgeschliffen sind, kann man die Beschriftung auch mit schwarzer Tusche aufbringen. Anschließend werden diese Beschriftungen mit farblosem Lack oder Wasserglas abgedeckt, damit sie sich nicht so schnell abgreifen. Unsauber dagegen wirken bald schon aufgeklebte, mit Schreibmaschine beschriftete Papierschilder.
Sind zu den an der Frontplatte befestigten Bauelementen längere Zuleitungen notwendig, so müssen die zur Selbsterregung oder Brummeinstreuung neigenden Zuleitungen auf jeden Fall abgeschirmt werden. Dazu benutzt man mit Kupfergeflecht abgeschirmte Leitungen. Das trifft in den meisten Fällen zu für Leitungen, die HF- oder NF-Spannungen führen.
Bei Niederfrequenz führt die zwischen Ader und Kupfergeflecht auftretende Kapazität noch zu keinen wesentlichen Verlusten. Es genügt daher für diese Zwecke ein mit Kupfergeflecht abgeschirmter isolierter Schaltdraht oder entsprechende Litze. Im Hochfrequenzgebiet jedoch führt die auftretende Kapazität zu Verlusten, so daß man ein kapazitätsarmes, abgeschirmtes Kabel verwenden muß. Abgeschirmte LF-Kabel sind an dem wesentlich größeren Durchmesser leicht zu erkennen. Bei diesen Kabeln wird das Kupfergeflecht durch Isolierstoffe in einem bestimmten Abstand von der Ader gehalten.

# 3. DER SELBSTBAU MECHANISCHER EINZELTEILE

In dem Heft „Praktisches Radiobasteln I“ wurden besonders die Werkzeuge und die verschiedenen Arbeitstechniken erklärt. Das war notwendig, weil der Radiobastler die meisten mechanischen Arbeiten selbst erledigen muß. Eine Werkstatt zu bemühen würde sich stark auf den Geldbeutel auswirken. Außerdem ist der Stolz über ein wohlgelungenes Gerät wesentlich größer, wenn man erklären kann, daß man alles selbst gebaut hat. Es ist daher zu empfehlen, den ersten Teil gründlich zu studieren, da er zahlreiche nützliche Erfahrungen vermittelt, die manchen Fehlschlag vermeiden helfen.

## 3.1 Chassis

Für die Ausführung des Chassis gibt es zahlreiche Möglichkeiten (Bild 21). Die einfachste Form ist das U-förmig gebogene Chassis. Zur Befestigung des Chassis im Gehäuse

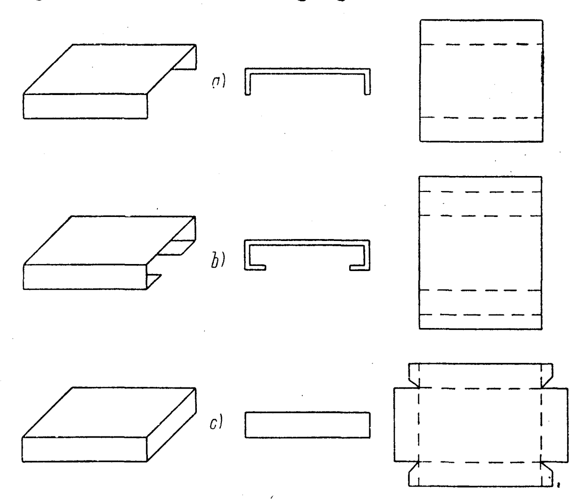



Bild 21. Chassisformen I.a) einfaches U-förmiges Chassis, b) doppelt gebogenes U-förmiges Chassis, c) allseitig abgebogenes kastenförmiges Chassis

werden unten kleine Winkel angesetzt. Diese Arbeit kann man sparen, wenn das Chassis doppelt U-förmig gebogen wird. Es entstehen dann unten zwei schmale Blechstreifen, die zur Befestigung des Chassis im Gehäuse dienen können. Sollen auch an den Seiten Bauelemente befestigt werden, so ist das Chassis allseitig abzubiegen. Man erhält dann ein kastenförmiges Chassis. Bei den bisher beschriebenen Chassisformen empfiehlt sich das Anbringen der Bohrungen bereits vor dem Biegen; denn das Anreißen der Bohrungen und das Entgraten nach dem Bohren läßt sich an der flachen Platte besser durchführen. In einem anderen Fall setzt sich das Chassis aus zwei U-Schienen und einer Chassisplatte zusammen (Bild 22). Die einzelnen Teile werden durch Verschraubung oder Vernieten aneinandergefügt. Für den Aufbau von Versuchsschaltungen empfiehlt sich ein Chassisrahmen aus

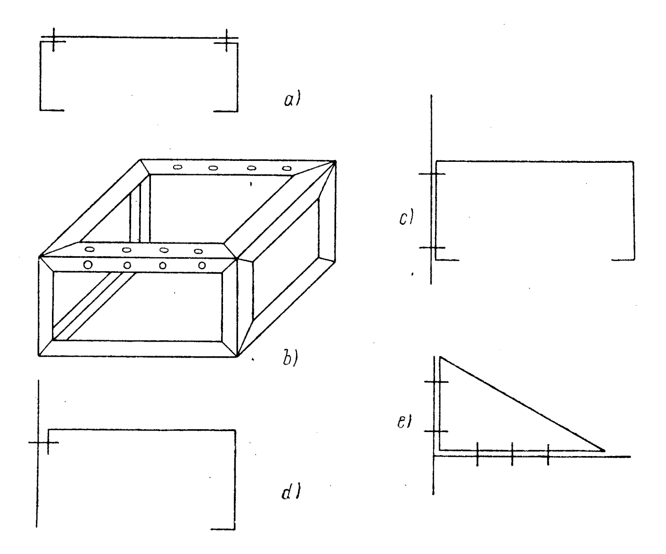



Bild 22. Chassisformen II. a) bestehend aus Aufbauplatte und zwei U-Schienen, b) Rahmen aus Winkelmaterial für Versuchschassis in Streifenbauweise, c) und d) Chassis mit Frontplatte, e) Front- und Chassisplatte werden durch Dreieckbleche verbunden

Winkelmaterial, bei dem das eigentliche Chassis aus Blechstreifen besteht.

Bei dieser Bauform ergeben sich zahlreiche Variationsmöglichkeiten. So kann ein reichlich dimensionierter Netzteil immer bestehen bleiben, ebenso z. B. ein zweistufiger Niederfrequenzverstärker. Auf den anderen Blechstreifen baut man dann Einkreis-, Zweikreis- oder Superhetschaltungen auf, die man ausprobieren möchte. Diese Chassisbauform ist also für den Versuchsbetrieb universell verwendbar.

Als Material für den Bau des Chassis dient halbhartes Aluminiumblech oder galvanisch vorbehandeltes Eisenblech. Während man bei Aluminium Plattenstärken von 1,5 bis 2 mm verwendet, genügen bei Eisenblech Stärken von 0,75 bis 1 mm. Die größere Blechstärke nimmt man bei längeren Chassis, damit das Chassis nicht zu labil wird. Bei größeren Chassistiefen empfiehlt sich eine Versteifung des Chassis, damit z. B. ein größerer Netztransformator nicht die Chassisplatte durchbiegt. Die Versteifungen können seitlich von der Chassismitte nach den abgebogenen Blechstreifen hin erfolgen oder durch ein Stück Bandeisen an beiden Außenseiten zwischen den beiden Befestigungsstreifen. Der Vorgang des Biegens wurde bereits in „Praktisches Radiobasteln I“ eingehend beschrieben.

Auch für das Chassis mit senkrecht stehender Frontplatte ergeben sich zahlreiche Ausführungsformen; die bekannteste ist das U-förmige Chassis mit daran befestigter Frontplatte. Eine Materialersparnis wird erzielt, wenn man das Chassis L-förmig biegt und mit zwei schmalen Befestigungsstreifen versieht. Eine elegante Lösung ohne große Biegearbeiten ergibt sich, wenn an zwei Dreieckblechen zwei schmale Befestigungsstreifen abgebogen und mit diesen zwei Blechwinkeln Frontplatte und Chassisplatte verbunden werden. Es besteht dann zusätzlich noch die Möglichkeit, die Chassisplatte im Gehäuse auf einer oder zwischen zwei Winkelschienen laufen zu lassen, was wesentlich zur Stabilität des ausgeführten Gerätes beiträgt. Bei der heute viel verwendeten Flachbauweise wird das Chassis parallel zur Frontplatte angeordnet,

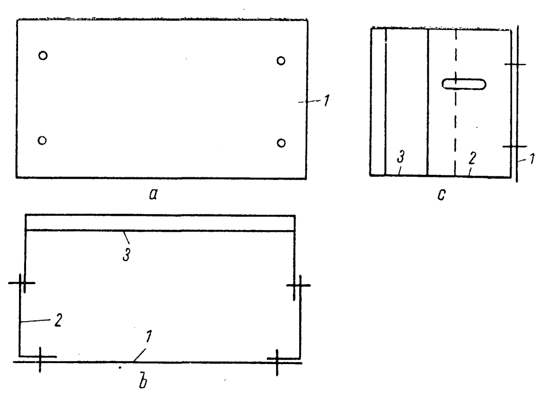



Bild 23. Frontplatte und Chassis für die Flachbauweise
1 — Frontplatte, 2 — Blechwinkel, 3 — Chassis, a) Vorderansicht, b) Draufsicht, c) Seitenansicht

also ebenfalls senkrecht (Bild 23). Die Verbindung mit der Frontplatte erfolgt durch zwei entsprechend lange, abgewinkelte Blechstreifen. Auf welcher Seite die Verdrahtung vorgenommen wird, ergibt sich aus den Erfordernissen. Zu empfehlen ist eine Verdrahtung auf der inneren Seite des Chassis, da auf diese Weise eine wesentlich kürzere Verdrahtung zu den Bauelementen entsteht, die an der Frontplatte befestigt sind. Bild 24 zeigt ein universell verwendbares Chassis mit Frontplatte.

Die Breite des Chassis ergibt sich je nach dem Umfang der Schaltung und den unterzubringenden Bauelementen. Ein zu großes Chassis ist unzweckmäßig, da dies zwangsläufig lange Leitungsführungen bedingt. Ein zu kleines Chassis mit entsprechend engem Aufbau birgt dagegen die Gefahr von Verkopplungen, Auftreten von Selbsterregung und Brummstörungen. Es muß also auch bei der Festlegung der Chassisgröße an einen zweckmäßigen Aufbau gedacht werden. Für Chassis und entsprechende Gehäuse geben die Deutschen Industrie-Normen (DIN) bevorzugte Größen an. Diese Größen sollten maßgebend sein, wenn Geräte gebaut werden, für die man Chassis und Gehäuse aus Metall anfertigen muß (s. 7.3 „DIN-Angaben für Chassis und Gehäuse“).

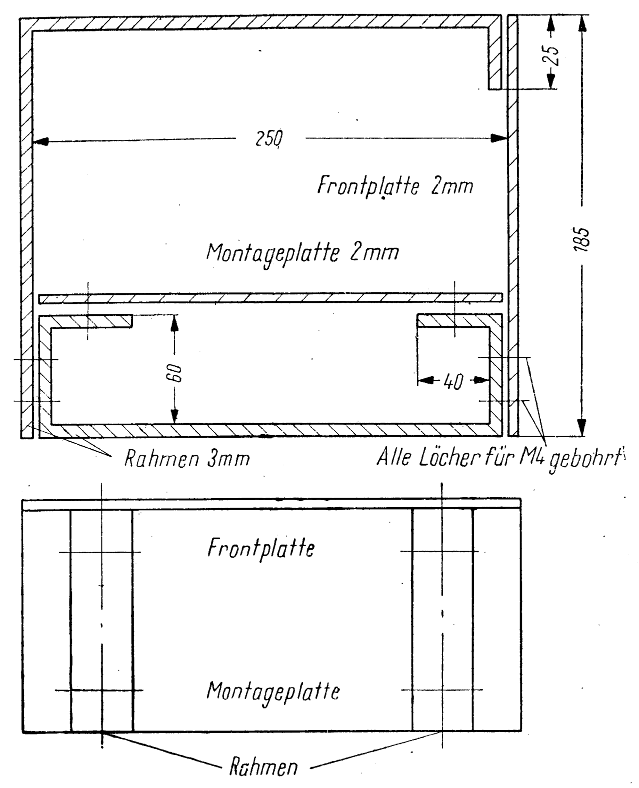



Bild 24. Universalchassis, bei dem Frontplatte und Aufbauchassis durch zwei Rahmen gehalten werden

## 3.2 Befestigungsteile

Für die Montage einzelner Bauelemente auf dem Chassis oder der Frontplatte sind selbst hergestellte Befestigungsteile wie Winkel oder Schellen (Bild 25) erforderlich. Diese Teile werden durch Biegen im Schraubstock angefertigt, nachdem die notwendigen Abmessungen festgelegt wurden. Befestigungswinkel benötigt man z. B. für Skalen-

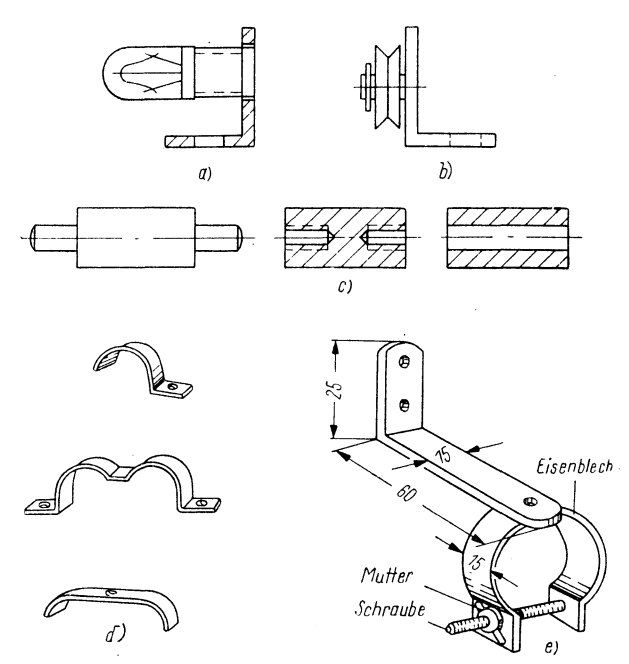



Bild 25. Befestigungsteile a) Winkel für Skalenlampe, b) Winkel für Seilrolle, c) Abstandsstücke, d) Befestigungsschellen für Elkos usw., e) Halterung für ein magisches Auge (z. B. 6 E 5)

lampenfassungen, Seilrollen, Drehkondensatoren usw., während Schellen bei runden Bauelementen, wie Rollblockkondensatoren, Kabelbäumen oder stärkeren Kabeln, Anwendung finden. Mitunter müssen Bauelemente etwas über dem Chassis stehen. Bei nicht zu großen Abständen benutzt man dazu Abstandsstücke, die entweder auf beiden Seiten ein Gewinde besitzen oder eine durchgehende Bohrung aufweisen, durch die eine Befestigungsschraube geführt werden kann.

## 3.3 Skalen

Um jederzeit die augenblickliche Stellung eines zu bedienenden Bauelementes feststellen zu können, wird es mit

einer Skala verbunden, auf der man dann leicht den eingestellten Wert ablesen kann (Bild 26). Einfache Skalenformen stellen z. B. Drehknöpfe mit eingravierter Skala

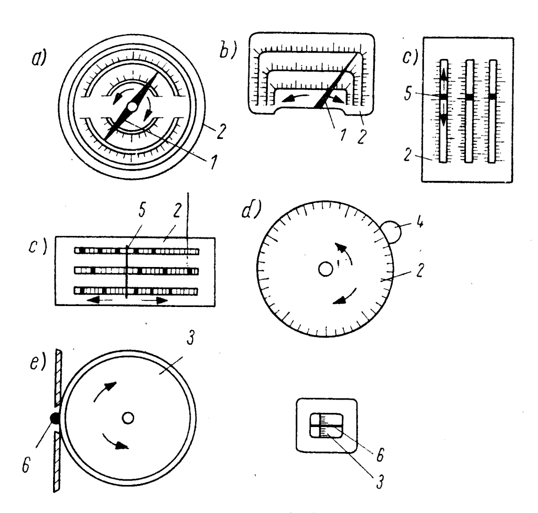



Bild 26. Verschiedene Formen von Skalen für funktechnische Geräte, a) unbewegliche Kreisskala mit drehbarem Zeiger, b) unbewegliche Rechteckskala mit beweglichem Zeiger, c) unbewegliche Rechteckskalen mit geradlinig verschiebbarem Zeiger, d) drehbare Kreisskala mit unbeweglichem Zeiger, e) drehbare Trommelskala mit unbeweglichem Zeiger. Drehbarer Zeiger (1), Skala (2), drehbare Trommelskala (3), unbeweglicher Zeiger (4), beweglicher Zeiger (5), unbeweglicher Zeiger (6)

dar, die von einem festen Punkt aus abgelesen werden, oder Zeigerdrehknöpfe, bei denen eine Skala untergelegt ist. Das Ablesen erfolgt jeweils an der Spitze des Zeigerdrehknopfes. Größere Ableseskalen können in den vielfältigsten Formen konstruiert werden. Von der Antriebsart her unterscheidet man Skalen mit direktem Antrieb, mit Schnurantrieb und mit Zahnradantrieb. Beim direkten Antrieb wird die bewegliche Achse entweder starr mit dem Antriebsknopf oder mit einer Übersetzung durch ein Planetengetriebe verbunden, das sich im Antriebsknopf befindet. Der Schnurantrieb ist die bekannteste — vom

Rundfunkgerät her gewohnte — Antriebsart. Bei hochwertigen Meßgeräten oder Spezialempfängern verwendet man einen Antrieb mit verspannten Zahnrädern, weil bei dieser Antriebsart das Skalenspiel, also die Wiederkehrgenauigkeit der Einstellung, besonders günstige Werte erreicht. Bei den Skalen mit beweglichen Zeigern gibt es folgende hauptsächliche Typen:

Kreisskala mit beweglichem Drehzeiger,
Rechteckskala mit beweglichem Drehzeiger,
Rechteckskala mit waagerecht oder senkrecht beweglichem Zeiger.

Dazu kommen noch folgende Skalen mit feststehendem Zeiger:

drehbare Kreisskala mit feststehendem Zeiger,
drehbare Trommelskala mit feststehendem Zeiger.

Für den Selbstbau von Skalenantrieben kommt allerdings nur der Schnurantrieb in Frage (Bild 27). Man benötigt dafür lediglich ein dem Zeigerweg entsprechendes Skalenrad mit Seilrillen, eine Antriebsachse, eine Zugfeder zum Spannen der Antriebsschnur und einige Seilrollen zur Richtungsänderung des Schnurverlaufs. Den einfachsten Schnurverlauf zeigt Bild 28. Er führt direkt vom Skalenrand zur Antriebsachse und von da zum Skalenrad

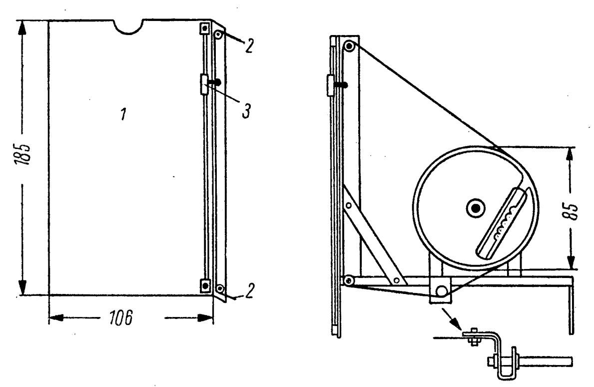



Bild 27. Aufbaubeispiel einer senkrecht stehenden Linearskala. 1 — Skalenrückwand, 2 — Skalenseil, 3 — Zeigerbefestigung

zurück. Das Skalenrad besitzt eine zentrische Bohrung, durch die die Achse des angetriebenen Bauelementes geführt wird. Mit ein oder zwei Madenschrauben wird

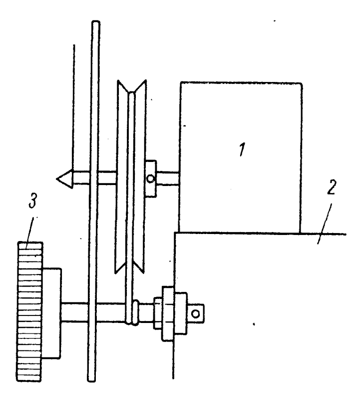



Bild 28. Skalenantrieb für eine Halbkreisskala, bei der der Zeiger auf der Drehkoachse befestigt wurde. 1 — Drehkondensator, 2 — Chassis, 3 — Drehknopf

das Skalenrad auf der Achse festgeschraubt. Am Skalenrad sind meist zwei Bohrungen oder Zapfen zur Befestigung der beiden Enden des Schnurantriebes. Der Schnuranfang wird fest am Skalenrad angeknüpft, dann die Schnur verlegt und zuletzt das Schnurende wieder zum Skalenrad geführt. Am zweiten Befestigungspunkt ist die Zugfeder einzusetzen. Das Schnurende befestigt man dann am anderen Ende der Zugfeder — wobei diese gespannt wird — und führt zur Vergrößerung der Reibung die Schnur wenigstens zweimal um die Antriebsachse.

Bei rechteckigen Skalen benötigt man zur Führung der Antriebsschnur mehrere Seilrollen. Der Durchmesser des Skalenrades richtet sich nach der Zeigerweglänge (Bild 29). Mit Hilfe folgender Formel kann bei gegebener Zeigerweglänge l der Durchmesser d des benötigten Skalenrades leicht errechnet werden.

$$d = \frac{2 \cdot l}{\pi}; \qquad (1)$$

d = Durchmesser des Skalenrades [cm], l = Zeigerweglänge [cm], $\pi = 3{,}14$.

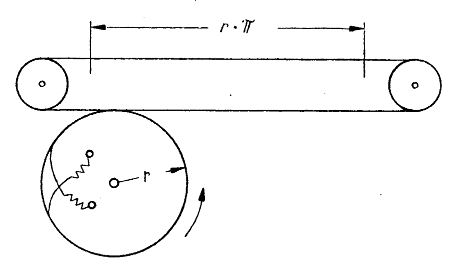



Bild 29. Skizze zur Berechnung der Zeigerweglänge für eine Linearskala

1. Beispiel

Wie groß muß für eine Zeigerweglänge von l = 19 cm der Durchmesser d des Skalenrades sein?

$$d = \frac{2 \cdot 19}{3{,}14} = \frac{38}{3{,}14} \approx \underline{\underline{12\ \text{cm.}}}$$

2. Beispiel

Welche Zeigerweglänge l läßt sich mit einem vorhandenen Skalenrad verwirklichen, dessen Durchmesser d = 16 cm beträgt?

Nach Formel (1) erhält man

$$l = \frac{d \cdot \pi}{2} = \frac{16 \cdot 3{,}14}{2} = 8 \cdot 3{,}14 \approx \underline{\underline{25\ \text{cm.}}}$$

Bei rechteckigen Linearskalen ist es empfehlenswert, den beweglichen Zeiger mit einer Führung auf einer 3 bis 4 mm starken Achse laufen zu lassen. Die Beschriftung der Skala erfolgt in den meisten Fällen mit schwarzer Tusche auf Zeichenkarton, weißem Kunststoff oder auf einem mit weißer Farbe gespritzten Blech. Vor der Skala befindet sich eine Schutzglasscheibe. Die Beleuchtung der Skala kann von den Seiten her, von oben oder unten erfolgen.

Im Handel sind verschiedene für den Aufbau von Geräten brauchbare Skalenantriebe erhältlich. Ebenso gibt es für

Rundfunkgeräte ausgelegte Skalenscheiben in zahlreichen Ausführungen.

### 3.4 Lötösenleisten

Um vor allem kleineren Bauelementen, wie Widerständen und Kondensatoren, bei der Verdrahtung einen mechanisch festen Halt zu geben, bringt man entsprechende Lötösenleisten oder Lötösenplatten an (Bild 30 und 31).

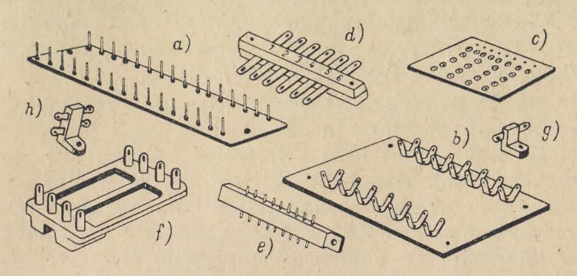



Bild 30. Verschiedene Ausführungsformen von Lötösenplatten a) mit eingenieteten Messingstiften, b) mit Nietlötösen, c) mit Messing-Hohlnieten, d) bis f) mit eingepreßten Lötanschlüssen, g) und h) Lötstützpunkte

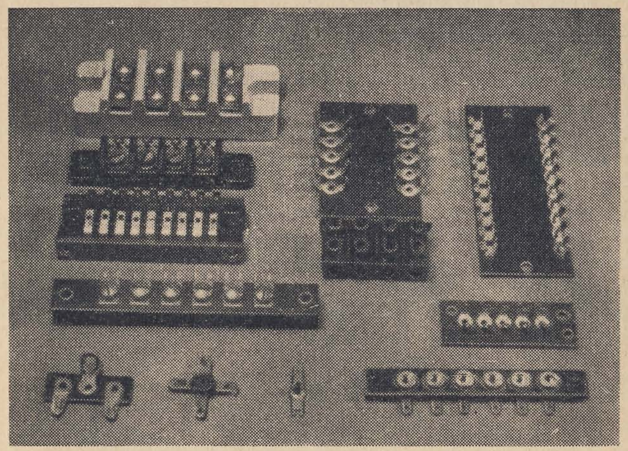


Bild 31. Verschiedene Ausführungsformen von Lötösenplatten und Anschlußleisten

Bei einreihigen Lötösenleisten wird ein Widerstand zwischen einem anderen Bauelement und der Lötösenleiste angeordnet, während bei zweireihigen Lötösenplatten Widerstände und Kondensatoren an zwei gegenüberstehenden Lötösen angelötet werden. Bei der zweiten Montageart kann man bereits vor dem Einbau der Lötösenplatte eine Verdrahtung vornehmen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, in der Lötösenplatte Ausschnitte für Röhrenfassungen aufzunehmen. Es ist dann eine starre Verdrahtung der an den Röhrenfassungen anliegenden Widerstände und Kondensatoren möglich.

Für die Herstellung der Lötösenleisten und Lötösenplatten benötigt man Pertinax in den Stärken von 1 bis 1,5 mm. Als Lötösen nimmt man zweiseitige Lötösen mit angedrücktem Hohlnietzapfen. Der Hohlnietzapfen wird durch eine entsprechende Bohrung gesteckt und auf einer festen Unterlage mit einem Körner fest angestaucht, anschließend der überstehende Zapfenrest mit einem Hammer breitgeschlagen. Es muß darauf geachtet werden, daß die Lötöse fest in der Bohrung sitzt. Benutzt man zweiseitige Lötösen mit einer Bohrung, dann müssen zur Befestigung Hohlnieten verwendet werden.

Die Lötösen sind auf dem Pertinax so anzuordnen, daß sie sich nicht berühren. Der günstigste Abstand beträgt 10 mm. Werden die fertigen Lötösenleisten auf einem Metallchassis angebracht, so ist ein zweiter Pertinaxstreifen unterzulegen oder die Lötösenleiste auf Abstandsstücke zu setzen, da bei direkter Befestigung auf dem Metallchassis alle Lötösen durch das Metallchassis kurzgeschlossen würden. Bei besonders hochwertigen Verbindungen kann mitunter der Verlustwiderstand von Pertinax bereits zu hoch sein. In diesen Fällen verwendet man entweder eine freiliegende Verdrahtung oder keramische Bauteile, die man allerdings fertig beziehen muß, weil sie sich nicht mehr bearbeiten lassen.

### 3.5 Gehäuse

Ein fertiggestelltes Gerät erhält durch ein geeignetes Gehäuse nicht nur ein gefälliges Aussehen, sondern es wird damit auch vor Staub und Beschädigung geschützt. Außer-

dem bildet ein offenstehendes Gerät stets eine Gefahrenquelle für Kinder und andere Personen, wenn sie unversehens einen spannungführenden Teil berühren.

Bei selbstgebauten Rundfunkempfängern bereitet das Gehäuse keine großen Sorgen, da man es in den meisten Fällen vor dem Baubeginn beim Fachhandel kaufen wird. Nicht ganz so einfach ist es, wenn man sehr kleine Geräte oder Kofferempfänger bauen will. Fehlt die nötige Erfahrung, so läßt man derartige Gehäuse nach eigenem Entwurf bei einem Tischler herstellen. Anschließend werden die fertigen Holzgehäuse mit passender Kunststoffolie bezogen.

Bei selbstgebauten Meßgeräten wird die Gehäusefrage schon komplizierter. Wenn eine Abstrahlung von Hochfrequenz zu erwarten ist, muß das Gehäuse aus Blech bestehen, um die Hochfrequenz entsprechend abzuschirmen. Andere Meßgeräte können ein einfaches Holzgehäuse aus 10 mm starkem Holz oder Sperrholz erhalten. Die Frontplatte weist entweder die gleichen Abmessungen auf wie das Holzgehäuse, oder sie wird etwas versenkt in das Holzgehäuse eingesetzt. Bei der einen Ausführung erfolgt die Befestigung am Holzrahmen, während bei der anderen Ausführung in die Ecken quadratische Holzklötzchen zur Befestigung eingesetzt werden.

Gibt es für den Aufbau eines Gerätes keine geeigneten Blechgehäuse zu kaufen, dann bleibt nur der Selbstbau (Bild 32). Werden keine zu großen Anforderungen an die Abschirmwirkung gestellt, so genügt ein Verkleiden des Holzgehäuse-Inneren mit Aluminiumfolie oder dünnem Aluminiumblech. Muß ein Blechgehäuse hergestellt werden, so gibt es verschiedene Möglichkeiten der Ausführung. Man kann passend zugeschnittene Blechplatten mit Winkelmaterial zu einem Gehäuse verbinden. Als Verbindungselemente werden Nieten oder Schrauben verwendet. Die Befestigung der Frontplatte und der Rückwand erfolgt ebenfalls an Winkeln.

Steht eine geeignete Biegeeinrichtung zur Verfügung, so kann man die Wandung des Gehäuses aus einem entsprechend dimensionierten Blechstreifen biegen. Die beiden aufeinanderstoßenden Kanten liegen unten in der

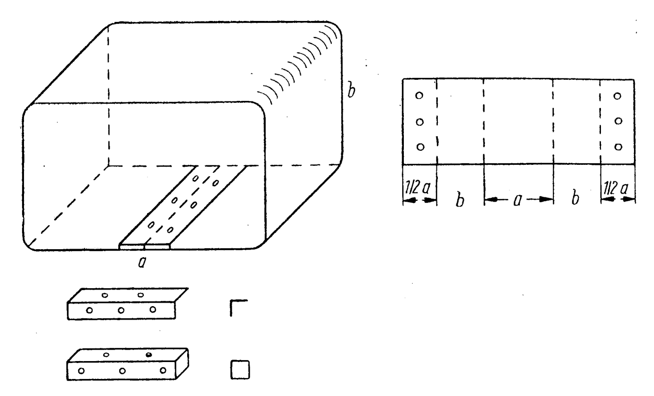



Bild 32. Selbstbau-Blechgehäuse, aus einem Blechstreifen gefertigt. Die Befestigung von Frontplatte und Rückwand kann durch Winkel- oder Vierkantstreifen erfolgen

Mitte und werden durch einen Blechstreifen miteinander vernietet. Wird zur Herstellung des Gehäuses Eisenblech verwendet, so kann die Verbindung der Gehäusewand und das Befestigen der Winkel für Frontplatte und Rückwand durch Punktschweißung in einer Werkstatt vorgenommen werden.

Die bevorzugt verwendeten Gehäuseabmessungen wurden im Tafelanhang (7.3) aufgeführt; auch die Abmessungen für Kastengestelle mit Einschüben sind dort enthalten. Diese Bauart wendet man an, wenn das zu bauende Gerät aus mehreren Einheiten besteht, z. B. bei einem Amateursender. Die einzelnen Baugruppen werden jeweils auf einem Einschub aufgebaut. Das Kastengestell ist für die vorgesehene Anzahl der Einschübe zu dimensionieren. Die elektrische Verbindung der einzelnen Einschübe untereinander kann entweder durch starre Verdrahtung, besser jedoch durch Steckverbindungen erfolgen, die am Einschub und am Kastengestell angeordnet werden.

In einigen Fällen sind pultförmige Gehäuse erforderlich, so z. B. bei NF-Verstärkern mit mischbaren Eingängen. Auf der pultförmigen Fläche werden dann die entsprechenden Regelglieder angeordnet, während Röhren,

Transformatoren und Elkos auf der waagerechten Chassisfläche Platz finden. Die notwendigen Anschlußbuchsen setzt man auf der Rückseite ein. Zur Sicherheit wird über der Chassisfläche eine Abschirmhaube angebracht. Die Herstellung des Pultes erfolgt durch Biegen, wobei Pult, waagerechtes Chassis und Rückwand aus einem Blech bestehen.

Damit sich ein in Betrieb befindliches Gerät nicht zu sehr erwärmt, muß die Rückwand zahlreiche Öffnungen aufweisen. Man ordnet am besten oben und unten einige Reihen von Bohrungen an. Dadurch kann unten frische Luft in das Innere des Gerätes strömen, und oben entweicht die erwärmte Luft. Soll ein Gerät transportabel gestaltet werden, so bringt man bei leichteren Geräten oben auf dem Gehäuse einen Griff, bei schwereren Geräten zwei Griffe an den Seitenwänden an. Damit die Geräte die Tischplatten nicht zerkratzen, wird der Gehäuseboden mit vier Gummifüßen versehen.

# 4. WIE BERECHNEN UND WICKELN WIR SPULEN

## 4.1 Hochfrequenzspulen

Die Abstimmung eines Empfängers oder Senders auf eine bestimmte Frequenz erfolgt mit Hilfe von Schwingungskreisen. Ein Schwingungskreis besteht aus der Parallelschaltung einer Spule L und eines Kondensators C (Bild 33).

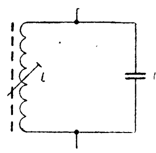


Bild 33. Parallelschwingkreis

Wenn der Schwingungskreis in seiner Resonanzfrequenz f veränderbar sein soll, so muß eine der beiden Größen variabel sein. Läßt sich mit Hilfe eines verschiebbaren HF-Eisenkerns die Induktivität der Spule L verändern, so

spricht man von einer Induktivitätsabstimmung. Weitaus gebräuchlicher ist allerdings die Kapazitätsabstimmung durch Anwendung eines Drehkondensators. Drehkondensatoren sind in verschiedenen Ausführungsformen im Handel erhältlich. Will man keinen fertig beschalteten Spulensatz kaufen, so müssen die für einen bestimmten Frequenzbereich erforderlichen Daten der HF-Spulen errechnet werden.

Die Resonanzfrequenz f eines Schwingungskreises wird mit Hilfe der Thomsonschen Formel berechnet:

$$f_{[Hz]} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L_{[H]} \cdot C_{[F]}}}. \qquad (2)$$

Da diese Einheiten für den praktischen Gebrauch zu groß sind, gelten folgende, entsprechend zugeschnittene Größengleichungen:

$$f_{[kHz]} = \frac{5030}{\sqrt{L_{[mH]} \cdot C_{[pF]}}}, \qquad (3)$$

$$f_{[kHz]} = \frac{159\,200}{\sqrt{L_{[\mu H]} \cdot C_{[pF]}}}, \qquad (4)$$

$$f_{[MHz]} = \frac{5{,}03}{\sqrt{L_{[mH]} \cdot C_{[pF]}}}, \qquad (5)$$

$$f_{[MHz]} = \frac{159{,}2}{\sqrt{L_{[\mu H]} \cdot C_{[pF]}}}. \qquad (6)$$

Wird nach der Größe der Induktivität L einer Spule gefragt für eine bestimmte Resonanzfrequenz f bei einer vorhandenen Kapazität C, so ergeben sich folgende Formeln:

$$L_{[mH]} = \frac{253 \cdot 10^5}{f^2_{[kHz]} \cdot C_{[pF]}}, \qquad (7)$$

$$L_{[mH]} = \frac{25{,}3}{f^2_{[MHz]} \cdot C_{[pF]}}, \qquad (8)$$

$$L_{[\mu H]} = \frac{253 \cdot 10^8}{f^2_{[kHz]} \cdot C_{[pF]}}, \qquad (9)$$

$$L_{[\mu H]} = \frac{25\,300}{f^2_{[MHz]} \cdot C_{[pF]}}. \qquad (10)$$

Soll die Größe der Kapazität C für eine bestimmte Resonanzfrequenz f bei einer vorhandenen Induktivität L berechnet werden, so werden folgende Formeln verwendet:

$$C_{[pF]} = \frac{253 \cdot 10^5}{f^2_{[kHz]} \cdot L_{[mH]}}, \qquad (11)$$

$$C_{[pF]} = \frac{25{,}3}{f^2_{[MHz]} \cdot L_{[mH]}}, \qquad (12)$$

$$C_{[pF]} = \frac{253 \cdot 10^8}{f^2_{[kHz]} \cdot L_{[\mu H]}}, \qquad (13)$$

$$C_{[pF]} = \frac{25\,300}{f^2_{[MHz]} \cdot L_{[\mu H]}}. \qquad (14)$$

Einige Beispiele sollen die Anwendung dieser Formeln erläutern.

1. Beispiel

Welche Resonanzfrequenz f besitzt ein Schwingungskreis mit den Werten L = 2 mH und C = 500 pF?

Mit Hilfe von Formel (3) erhält man

$$f_{[kHz]} = \frac{5030}{\sqrt{2 \cdot 500}} = \frac{5030}{\sqrt{1000}} = \frac{5030}{31{,}6} \approx 159 \text{ kHz}.$$

2. Beispiel

Welche Resonanzfrequenz f besitzt ein Schwingungskreis mit den Werten L = 4 $\mu$H und C = 40 pF?

Mit Hilfe von Formel (6) erhält man

$$f_{[MHz]} = \frac{159{,}2}{\sqrt{4 \cdot 40}} = \frac{159.2}{\sqrt{160}} = \frac{159{,}2}{12{,}6} \approx 12{,}6 \text{ MHz}.$$

3. Beispiel

Mit einer Kapazität von C = 300 pF soll ein Schwingungskreis mit der Resonanzfrequenz von f = 800 kHz auf-

gebaut werden. Wie groß muß die Induktivität L der Spule sein?

Mit Hilfe von Formel (7) erhält man

$$L_{[mH]} = \frac{253 \cdot 10^5}{800^2 \cdot 300} = \frac{253 \cdot 10^5}{64 \cdot 10^4 \cdot 30 \cdot 10^1} = \frac{253}{64 \cdot 30}$$

$$= \frac{253}{1920} \approx 0{,}132 \text{ mH.}$$

4. Beispiel

Mit einer Kapazität von C = 20 pF soll ein Schwingungskreis mit der Resonanzfrequenz von f = 28 MHz aufgebaut werden. Wie groß muß die Induktivität L der Spule sein?

Mit Hilfe von Formel (10) erhält man

$$L_{[\mu H]} = \frac{25\,300}{28^2 \cdot 20} = \frac{25\,300}{784 \cdot 20} = \frac{2530}{784 \cdot 2}$$

$$= \frac{2530}{1568} \approx 1{,}61 \ \mu\text{H.}$$

5. Beispiel

Mit einer Induktivität von L = 0,2 mH soll ein Schwingungskreis mit der Resonanzfrequenz von f = 500 kHz aufgebaut werden. Wie groß muß die Kapazität C des Kondensators sein?

Mit Hilfe von Formel (11) erhält man

$$C_{[pF]} = \frac{253 \cdot 10^5}{500^2 \cdot 0{,}2} = \frac{253 \cdot 10^5}{25 \cdot 10^4 \cdot 0{,}2} = \frac{2530}{25 \cdot 0{,}2}$$

$$= \frac{2530}{5} \approx 506 \text{ pF.}$$

6. Beispiel

Mit einer Induktivität von L = 20 μH soll ein Schwingungskreis mit der Resonanzfrequenz von f = 3,5 MHz aufge-

baut werden. Wie groß muß die Kapazität C des Kondensators sein?

Mit Hilfe von Formel (14) erhält man

$$C_{[pF]} = \frac{25\,300}{3{,}5^2 \cdot 20} = \frac{25\,300}{12{,}25 \cdot 20} = \frac{2530}{12{,}25 \cdot 2}$$

$$= \frac{2530}{24{,}5} \approx 103 \text{ pF}.$$

Bei der Anwendung der Kapazitätsabstimmung ist die Größe der Kapazität C durch den verwendeten Drehkondensator gegeben, genauso der interessierende Frequenzbereich, den der Empfänger umfassen soll. Soll die HF-Spule selbst hergestellt werden, so muß mit Hilfe der Formeln (7) bis (10) die Größe der Induktivität L berechnet werden. Man geht dabei so vor, daß die Induktivität L für die Bereichsanfangsfrequenz berechnet wird; demzufolge ist für die Kapazität die Endkapazität des Drehkondensators einzusetzen. Ist der überstrichene Frequenzbereich nach Ausführung der Schaltung zu groß, so muß der Kapazitätsbereich des Drehkondensators elektrisch eingeengt werden, z. B. durch Reihen- und Parallelschaltung von Kondensatoren. Auf die äußerst umfangreiche Berechnung derartiger „Bandspreizschaltungen" kann jedoch hier nicht eingegangen werden. Derartige Unterlagen sind in der entsprechenden, speziellen Fachliteratur zu finden. Ist die Größe der Induktivität L bestimmt, so muß noch die Windungszahl w errechnet werden, die ein gewählter HF-Eisenkern erhalten muß, damit eine Spule mit der errechneten Induktivität L entsteht. Wird zum Aufbau der Spule ein HF-Eisenkern verwendet, so gehen die Form des HF-Eisenkerns und die Eigenschaften des HF-Eisens in die Rechnung ein. Um einfache Verhältnisse zu schaffen, werden Form und Eigenschaften des HF-Eisenkerns in der sogenannten „Kernkonstante $K_1$" zusammengefaßt. Die Kernkonstante $K_1$, auch als „Kernfaktor" bezeichnet, wird für verschiedene HF-Eisenkerne in der folgenden Tafel angegeben.

Tafel 1. Kernkonstante für verschiedene HF-Eisenkerne

| Kernform | Kernfaktoren $K_1$ | $K_2$ |
|---|---|---|
| Siemens-Haspelkern | 154 | 4,81 |
| Siemens-H-Kern | 136 | 4,3 |
| Siemens-Rollenkern | 146 | 4,62 |
| Allei-Einheitsspule | 161 | 5,1 |
| MV 311 | 164 | 5,2 |
| Dralowid-Würfelspule | 177 | 5,6 |
| Draloperm-Topfkern | 136 | 4,3 |
| Görler F 201 | 167 | 5,3 |
| Görler F 202 | 152 | 4,8 |
| Görler F 272 | 170 | 5,4 |

Die Formel für die Berechnung der Windungszahl lautet dann

$$w = K_1 \sqrt{L_{[mH]}} \quad (15) \quad \text{oder} \quad w = K_2 \sqrt{L_{[\mu H]}}. \quad (16)$$

Während Formel (15) für Induktivitätsangaben in mH verwendet wird, rechnet man mit Formel (16) bei Induktivitätsangaben in $\mu$H.

Zwischen den beiden Kernfaktoren $K_1$ und $K_2$ besteht folgende Beziehung

$$K_1 = K_2 \cdot \sqrt{10^3} = K_2 \sqrt{1000}. \quad (17)$$

In vielen Fällen wird in den Informationsblättern der Industrie für HF-Eisenkerne die Induktivitätskonstante $A_L$ angegeben. Das ist die Induktivität einer Windung, die auf dem entsprechenden Kern aufgebracht wird. Zur Berechnung der Windungszahl lautet dann die Formel

$$w = \sqrt{\frac{L}{A_L}}. \quad (18)$$

Die Beziehung zwischen Kernfaktor und Induktivitätskonstante lautet

$$A_L = \frac{1}{K_2}. \quad (19)$$

7. Beispiel

Mit einem Siemens-Haspelkern, dessen Kernfaktor $K_1 = 154$ beträgt, soll eine Induktivität von $L = 0{,}2$ mH verwirklicht werden. Wieviel Windungen müssen auf den Spulenkörper aufgebracht werden?

Mit Hilfe von Formel (15) erhält man

$$w = 154 \sqrt{0{,}2} = 154 \cdot 0{,}446 \approx 69 \text{ Wdg.}$$

8. Beispiel

Mit einem HF-Eisenkern Görler F 202, dessen Kernfaktor $K_2 = 4{,}8$ beträgt, soll eine Induktivität von $L = 40\ \mu$H verwirklicht werden. Wieviel Windungen müssen auf den Spulenkörper aufgebracht werden?

Mit Hilfe von Formel (16) erhält man

$$w = 4{,}8 \sqrt{40} = 4{,}8 \cdot 6{,}3 \approx 30 \text{ Wdg.}$$

9. Beispiel

Für einen HF-Eisenkern wird eine Induktivitätskonstante von $A_L = 39 \cdot 10^{-3}\ \mu$H angegeben. Wieviel Windungen muß die Spule bei einer Induktivität von $L = 80\ \mu$H enthalten?

Mit Hilfe von Formel (18) erhält man

$$w = \sqrt{\frac{80}{39 \cdot 10^{-3}}} = \sqrt{\frac{80 \cdot 10^3}{39}} = \sqrt{2050} \approx 45 \text{ Wdg.}$$

Will man einen HF-Eisenkern für den Bau einer Spule verwenden, von dem weder der Kernfaktor $K_1$ bzw. $K_2$ noch die Induktivitätskonstante $A_L$ bekannt ist, so kann man diese Werte wie folgt feststellen.

Man bringt auf die Spule 100 Windungen auf und mißt mit einem Induktivitätsmeßgerät (L-Messer) die Induktivität der HF-Spule. Aus folgenden Formeln kann man dann die benötigten Werte errechnen.

$$K_1 = \frac{100}{\sqrt{L_{[mH]}}}, \quad (20) \qquad K_2 = \frac{100}{\sqrt{L_{[\mu H]}}}, \quad (21)$$

$$A_L \cdot 10^{-3} = \frac{L_{[\mu H]}}{10}. \qquad (22)$$

Im Kurzwellen- und UKW-Bereich werden vorwiegend einlagige Zylinderspulen (Bild 34) auf keramischem Spu-

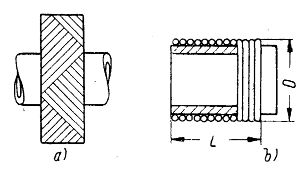



Bild 34. Wicklungsausführung von HF-Spulen a) Kreuzwickelspule b) einlagige Zylinderspule

lenträger benutzt. Für die Berechnung derartiger Spulen kann man folgende Formel anwenden:

$$L_{[\mu H]} = \frac{D^2 \cdot W^2}{100\, l + 45\, D}; \qquad (23)$$

D=Spulendurchmesser in cm, l=Wicklungslänge in cm.

10. B e i s p i e l

Welche Induktivität besitzt eine Spule mit 40 Windungen, wenn Spulendurchmesser 35 mm und Spulenlänge 40 mm betragen?

Mit Hilfe von Formel (23) erhält man

$$L_{[\mu H]} = \frac{3{,}5^2 \cdot 40^2}{100 \cdot 4 + 45 \cdot 3{,}5} = \frac{12{,}25 \cdot 1600}{400 + 157{,}5} =$$

$$\frac{19\,600}{557{,}5} = 35{,}2\ \mu H.$$

*

Die meisten HF-Eisenkernspulen besitzen einen Spulenkörper aus Kunststoff, der in einzelne Kammern unterteilt ist. Das Aufbringen der Drahtwindungen bereitet dann keine Schwierigkeiten. Der Wicklungsanfang wird durch die darüberliegenden Windungen festgehalten, so daß sich oft ein besonderes Abbinden erübrigt. Anders ist es beim Wicklungsende. Dieses muß mit Nähseide, gummiertem Faden (Klebfaden), Leukoplast oder Klebstoff festgelegt werden. Bei einlagigen Zylinderspulen führt man am einfachsten Wicklungsanfang und -ende durch zwei Bohrungen des Spulenkörpers nach dem Spuleninnenraum. Ist das nicht möglich, so werden beide Enden durch Bandschlaufen festgelegt (Bild 35). Zu diesem Zweck schneidet

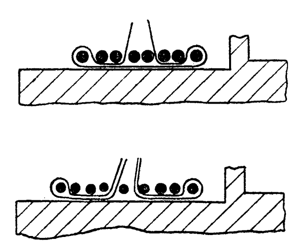


Bild 35. Festlegen der Wicklungsenden von einlagigen Zylinderspulen a) bei kurzen Spulenlängen, b) bei weiten Spulenlängen

man aus dünner Kunstfolie oder Leinwand zwei schmale Streifen von etwa 5×50 mm Länge. Für den Wicklungsanfang wird einer der Streifen in der Mitte gefaltet und dann der Spulendraht durchgeführt. Die ersten sechs bis acht Windungen sind nun fest über diesen Streifen zu legen, dann läßt man den Streifenrest nach außen stehen und wickelt auf dem Spulenkörper weiter. Beim Wicklungsende verfährt man umgekehrt. Ein Stück des Streifenendes läßt man nach außen stehen, während die letzten sechs bis acht Windungen fest über den Streifen gewickelt werden. Das Spulenende wird dann durch die Bandschlaufe geführt. Zum Schluß müssen die nach außen stehenden Streifenenden fest angezogen und dadurch die

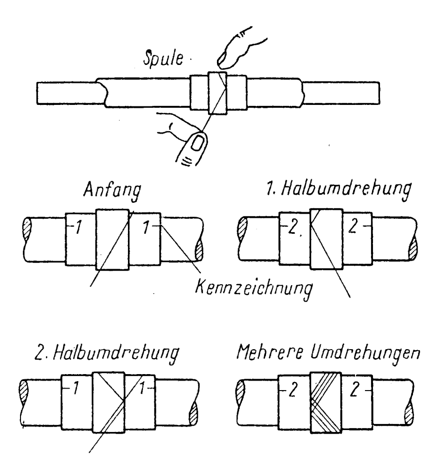


Bild 36. Wickelschema der Kreuzwickelspule

Wicklungsenden festgelegt werden. Ist die Spule fertig und entspricht sie den gewünschten Werten, so kann man sie noch mit Duosan bestreichen, damit ihre Windungen starr festliegen.

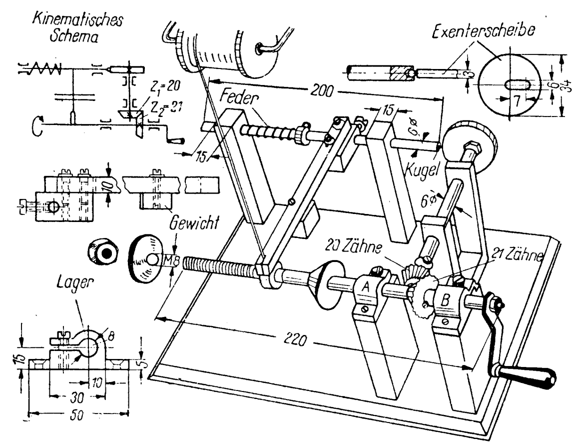


Bild 37. Einfache Kreuzwickelmaschine für den Selbstbau

Eine besondere Form der HF-Spule ist die Kreuzwickelspule (Bild 36). Sie wird auf besonderen Spulenwickelmaschinen (Bild 37) gewickelt. Im UKW-Bereich verwendet man vorteilhaft Luftspulen, die man leicht selbst herstellen kann (Bild 38).

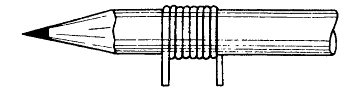


Bild 38. Freitragende Luftspulen für den KW- und UKW-Bereich werden über einen passenden Rundstab gewickelt, z. B. einen Bleistift

## 4.2 Drosseln

Eisendrosseln mit Luftspalt werden als sogenannte Siebdrosseln in der Gleichrichterschaltung des Netzteiles verwendet. Ihre charakteristischen Merkmale sind vor allem die Größe der Induktivität L, die maximale Strombelastung I und der Gleichstromwiderstand R. Die Größe der Induktivität L hängt vor allem von der Windungszahl w, dem verwendeten Eisenkernquerschnitt $Q_{Fe}$ und der verwendeten Luftspaltlänge $\delta$ ab. Die Strombelastung I wird durch die Stärke d des verwendeten Kupferdrahtes bestimmt, während für den Gleichstromwiderstand R der Durchmesser d und die verwendete Drahtlänge l maßgebend sind.

Die genaue Berechnung einer Siebdrossel stößt auf einige Schwierigkeiten, so daß man auch in der Praxis mit Faustformeln rechnet und dann durch Messung der einzelnen Größen die endgültigen Werte festlegt. Wenn die geforderte Induktivität L, die Luftspaltlänge $\delta$ und die Strombelastung I gegeben sind, kann zur Überschlagsrechnung folgender Weg benutzt werden. Man geht davon aus, daß im Luftspalt eine Induktion von ungefähr $B_L = 7000$ Gauß herrschen soll. Dann ergibt sich die Windungszahl

$$w = \frac{0{,}8 \cdot \delta \cdot B_L}{I} \quad (24)$$

Den Kernquerschnitt $Q_{Fe}$ des Eisenkerns erhält man dann zu

$$Q_{Fe} = \frac{1{,}1 \cdot L \cdot \delta \cdot 10^8}{0{,}4 \cdot w^2} \quad [cm^2] \,. \qquad (25)$$

Der Durchmesser des zu benutzenden Kupferdrahtes wird errechnet für eine Stromdichte $i = 2{,}55\ A/mm^2$

$$d = 0{,}7 \sqrt{I} \quad [mm] \qquad (26)$$

11. Beispiel

Eine Siebdrossel soll eine Induktivität von $L = 40\ H$ besitzen bei einer Stromstärke von $I = 50\ mA$. Die Luftspaltlänge $\delta$ wird mit $\delta = 0{,}5\ mm$ gewählt.

Windungszahl: $w = \frac{0{,}8 \cdot 0{,}05 \cdot 7000}{0{,}05} = 0{,}8 \cdot 7000 =$

$5600$ Wdg.

Eisenquerschnitt: $Q_{Fe} = \frac{1{,}1 \cdot 40 \cdot 0{,}05 \cdot 10^8}{0{,}4\, \pi \cdot 56^2 \cdot 10^4} = \frac{110 \cdot 40 \cdot 5}{1{,}26 \cdot 3136}$

$$= \frac{22\,000}{3950} \approx 5{,}6\ cm^2.$$

Drahtdurchmesser: $d = 0{,}7 \sqrt{0{,}05} = 0{,}7 \cdot 0{,}224 \approx 0{,}16\ mm.$

Der Kernquerschnitt entspricht ungefähr einem Blechpaket M 65/27 oder E/166/22 (s. 7.6).

Da es in der Bastelpraxis nicht so sehr auf die genaue Einhaltung der Werte der Siebdrossel ankommt, verwendet man die in den Fachgeschäften angebotenen Siebdrosseln, z. B. die der Fa. G. Neumann, Creuzburg (Tafel 2).

Tafel 2. Einige der wichtigsten Ausführungen von Siebdrosseln

| Type | Gleichstrom [mA] | Widerstand [Ohm] | Induktivität [Henry] |
|---|---|---|---|
| D 55/60 | 60 | 500 | 15 |
| D 65/100 | 100 | 250 | 12 |
| D 65/140 | 140 | 200 | 10 |
| D 85/100 | 100 | 450 | 50 |
| D 85/140 | 140 | 280 | 25 |

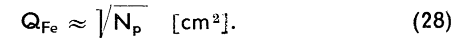
## 4.3 Transformatoren

Netztransformatoren sind ebenfalls in zahlreichen Ausführungsformen im Handel erhältlich. Will man einen Netztransformator selbst berechnen, so nimmt man als Grundlage die Summe der von den Sekundärwicklungen abgegebenen Leistungen plus einen Zuschlag, der den Wirkungsgrad berücksichtigt.

$$N_p \approx 1{,}18 \cdot N_s \quad [VA]; \qquad (27)$$

$N_p$ = Primärleistung;
$N_s$ = Summe der Sekundärleistungen.

Die Summe der Sekundärleistungen ergibt sich aus der Addition der einzelnen Produkte Spannung mal Strom in VA. Mit Hilfe der errechneten Primärleistung erhält man dann den benötigten Eisenquerschnitt (Bild 39) zu



$$Q_{Fe} \approx \sqrt{N_p} \quad [cm^2]. \qquad (28)$$

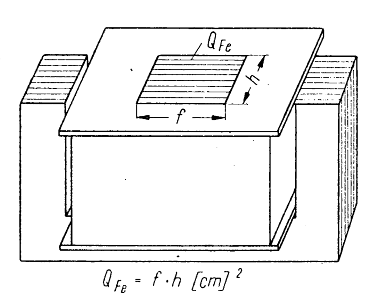



Bild 39. Zur Bestimmung des Kernquerschnitts von Transformatorenkernen

Für die Primärwicklung mit einer Spannung U ergibt sich die Windungszahl zu

$$w_p = 38 \cdot \frac{U}{Q_{Fe}}, \tag{29}$$

und für die Sekundärwicklung mit einer Spannung U die Windungszahl zu

$$w_s = 42 \cdot \frac{U}{Q_{Fe}}. \tag{30}$$

Für eine Stromdichte von $i = 2{,}55\ A/mm^2$ ergibt sich die Drahtstärke wieder zu

$$d \approx 0{,}7 \sqrt{I}\ [mm].$$

Bei der Berechnung des Eisenquerschnitts ist zu beachten, daß der errechnete Wert stets auf den nächst höheren, genormten Wert eines Blechpaketes aufzurunden ist.

12. Beispiel

Für einen Empfänger wird ein Netztransformator benötigt, der eine Zweiweg-Anodenwicklung von 250 V/75 mA, eine Heizwicklung von 6,3 V/0,6 A und eine Heizwicklung von 6,3 V/2,5 A besitzt.

Summe der Sekundärleistungen:

a) $250\ V \cdot 0{,}075\ A \approx 18{,}8\ VA$

b) $6{,}3\ V \cdot 0{,}6\ A \approx 3{,}8\ VA$

c) $6{,}3\ V \cdot 2{,}5\ A \approx 15{,}7\ VA$

$$\Sigma N_s \approx 38{,}3\ VA$$

Die Primärleistung beträgt nach Formel (27):

$$N_p = 1{,}18 \cdot 38{,}3 \approx 45{,}2\ VA$$

Eisenquerschnitt nach Formel (28):

$$Q_{Fe} \approx \sqrt{45{,}2} \approx 6{,}73\ cm^2$$

gewählter Eisenkern M 74/32 mit $Q_{Fe} = 7{,}4\ cm^2$ (s. 7.4).

Windungszahlen nach Formel (29) und (30):

$$w_p = 38 \cdot \frac{220}{7,4} \approx 1130 \text{ Wdg.}$$

$$w_s = 42 \cdot \frac{250}{7,4} \approx 1420 \text{ Wdg.}$$

$$w_s = 42 \cdot \frac{6,3}{7,4} \approx 36 \text{ Wdg.}$$

Primärstromstärke:

$$J_p = \frac{N_p}{220} = \frac{45,2}{220} \approx 0,206 \text{ A}$$

Drahtstärken:

$$d \approx 0,7\sqrt{0,206} \approx 0,7 \cdot 0,454 \approx 0,32 \text{ mm}$$

$$d \approx 0,7\sqrt{0,075} \approx 0,7 \cdot 0,273 \approx 0,19 \text{ mm}$$

$$d \approx 0,7\sqrt{0,6} \approx 0,7 \cdot 0,775 \approx 0,55 \text{ mm}$$

$$d \approx 0,7\sqrt{2,5} \approx 0,7 \cdot 1,58 \approx 1,10 \text{ mm}$$

Zusammenstellung:

| | $w_p$ | $w_{s1}$ | $w_{s2}$ | $w_{s3}$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| Windungen | 1130 | 2×1420 | 36 | 36 | Wdg. |
| Drahtstärke | 0,32 | 0,19 | 0,55 | 1,10 | mm |

Im Niederfrequenzbereich bezeichnet man den Transformator allgemein als Übertrager und verwendet ihn zur Widerstandsanpassung. Der an der Sekundärseite angeschlossene Widerstand wird dabei mit dem Quadrat des Übersetzungsverhältnisses auf die Primärseite transformiert.

$$R_{prim} = ü^2 \cdot R_{sek}; \qquad (31)$$

$R_{prim}$ = primärseitiger Widerstand in Ohm,
$R_{sek}$ = sekundärseitiger Widerstand in Ohm,
ü = Verhältnis der primären zur sekundären Windungszahl.

Der Frequenzbereich des Übertragers wird dabei von der Größe der Primärinduktivität und der auftretenden Streuung bestimmt. Da man bei Niederfrequenzübertragern mit wesentlich geringeren Felddichten arbeitet, wird der notwendige Eisenquerschnitt für eine bestimmte zu übertragende Leistung größer als bei Netztransformatoren bemessen. Von den zahlreich dafür angegebenen Formeln soll die nachstehend genannte verwendet werden.

Eisenquerschnitt:

$$Q_{Fe} = 20 \sqrt{\frac{N}{f_u}} \, [\mathrm{cm}^2]. \tag{32}$$

Mit N in Watt bezeichnet man die zu übertragende Eingangsleistung und mit $f_u$ in Hz die noch zu übertragende untere Grenzfrequenz.

Ausgangsübertrager dienen zur Anpassung der niederohmigen Lautsprecherspule an den Ausgangswiderstand der Endröhre. Da bei der Eintaktschaltung der Anodengleichstrom durch die Primärspule des Ausgangsübertragers fließt, muß zur Vermeidung einer Gleichstrom-Vormagnetisierung ein Luftspalt vorgesehen werden. Meist verwendet man den in der Normung von Transformatorblechen angegebenen Luftspalt von 0,3 bis 2 mm. Üblich sind Werte von 0,5 oder 1 mm. Die notwendige Luftspaltlänge für einen bestimmten Eisenquerschnitt wird nach folgender Formel berechnet:

$$\delta = 0{,}4 \sqrt{Q_{Fe}} \, [\mathrm{mm}] \tag{33}$$

Dabei ist der Eisenquerschnitt $Q_{Fe}$ in cm² angegeben.

Damit bei der unteren Grenzfrequenz $f_u$ der Abfall gering ist, wird die Primärinduktivität L wie folgt bemessen:

$$L = \frac{207 \cdot R_a}{f_u} \, [\mathrm{H}]; \tag{34}$$

$R_a$ in kOhm, $f_u$ in Hz.

Für den gewählten Eisenquerschnitt $Q_{Fe}$ ergibt sich für die Primärinduktivität L eine Windungszahl von

$$w_1 = 1000 \sqrt{\frac{10 \cdot L \cdot \delta}{Q_{Fe}}}; \quad (35)$$

L in Henry, $\delta$ in mm, $Q_{Fe}$ in $cm^2$.

Die Wurzel aus dem Verhältnis des Ausgangswiderstandes $R_a$ der Endröhre zu dem Schwingspulenwiderstand $R_L$ des Lautsprechers gibt das Übersetzungsverhältnis

$$ü = \sqrt{\frac{R_a}{R_L}}. \quad (36)$$

Da das Übersetzungsverhältnis ü gleichzeitig dem Verhältnis der Windungszahlen entspricht,

$$ü = \frac{w_1}{w_2}, \quad (37)$$

erhält man die sekundäre Windungszahl $w_2$ zu

$$w_2 = w_1 \sqrt{\frac{R_L}{R_a}}. \quad (38)$$

Bei der Berechnung der Drahtstärke der Primärwicklung ist darauf zu achten, daß durch die Primärwicklung neben dem Anodengleichstrom $I_a$ ein Anodenwechselstrom $\mathfrak{J}_a$ fließt. Bei voller Aussteuerung erhält man den Anodenwechselstrom $\mathfrak{J}_a$ zu

$$\mathfrak{J}a = \sqrt{\frac{10^3\, N}{R_a}}\, [mA]; \quad (39)$$

N in Watt, $R_a$ in kOhm.

Die Drahtstärke ist also bei der Primärwicklung für die Stromstärke

$$I_{ges} = Ia + \mathfrak{J}a \quad (40)$$

zu bemessen. Die Drahtstärke erhält man dann nach Formel (26). In der Sekundärwicklung fließt lediglich ein Wechselstrom, den man mit nachstehender Formel (41) errechnet:

$$\mathfrak{I}_L = \sqrt{\frac{N}{R_L}} \; [A] \tag{41}$$

N in Watt, $R_L$ in Ohm.

13. Beispiel

Eine Endpentode EL 84 wird in Eintakt-A-Betrieb betrieben. Dabei treten folgende Betriebswerte auf: $I_a = 48$ mA, $N = 5{,}3$ W und $R_a = 5{,}5$ kOhm. Der zu verwendende Lautsprecher L 2053 PBK (Funkwerk Leipzig) besitzt einen Schwingspulenwiderstand von $R_L = 6$ Ohm und einen Frequenzbereich von 60 Hz bis 15 kHz. Die untere Grenzfrequenz wird daher $f_u = 50$ Hz gewählt.

Welche Werte muß der zur Anpassung notwendige Ausgangsübertrager besitzen?

Eisenquerschnitt:

$$Q_{Fe} = 20 \sqrt{\frac{5{,}3}{50}} = 20 \sqrt{0{,}106} = 20 \cdot 0{,}326 = 6{,}52 \text{ cm}^2.$$

Der nächste, genormte Eisenkernquerschnitt der E/I-Reihe ist E/I 78 mit $Q_{Fe} = 6{,}8$ cm² (s. 7.6).

Luftspaltlänge:

$$\delta = 0{,}4 \sqrt{6{,}8} = 0{,}4 \cdot 2{,}61 \approx 1 \text{ mm}.$$

Da beim E/I-Kern der Luftspalt im Eisenweg zweimal auftritt, wird nur eine Isolierstoffzwischenlage von 0,5 mm Stärke eingelegt.

Primärinduktivität:

$$L = \frac{207 \cdot 5{,}5}{50} = 207 \cdot 0{,}11 \approx 22{,}8 \text{ H},$$

Primärwindungszahl:

$$w_1 = 1000 \sqrt{\frac{10 \cdot 22{,}8 \cdot 1}{6{,}8}} = 1000 \sqrt{33{,}5} = 1000 \cdot 5{,}8 = 5800 \text{ Wdg.},$$

Übersetzungsverhältnis:

$$ü = \sqrt{\frac{5500}{6}} = \sqrt{916} \approx 30{,}3,$$

Sekundärwindungszahl:

$$w_2 = \frac{w_1}{ü} = \frac{5800}{30{,}3} = 192 \text{ Wdg.},$$

Anodenwechselstrom:

$$\mathfrak{I}_a = \sqrt{\frac{5300}{5{,}5}} = \sqrt{964} \approx 31 \text{ mA},$$

primärer Gesamtstrom:

$$I_{ges} = 48 + 31 = 79 \text{ mA},$$

primäre Drahtstärke:

$$d_1 = 0{,}7\sqrt{0{,}08} = 0{,}7 \cdot 0{,}283 \approx 0{,}20 \text{ mm},$$

sekundärer Wechselstrom:

$$\mathfrak{I}_L = \sqrt{\frac{5{,}3}{6}} = \sqrt{0{,}88} \approx 0{,}94 \text{ A},$$

sekundäre Drahtstärke:

$$d_2 = 0{,}7\sqrt{0{,}94} = 0{,}7 \cdot 0{,}97 \approx 0{,}70 \text{ mm};$$

Zusammenstellung:

Kern: E/I 78 mit 2×0,5 mm Luftspalt
primär: 5 800 Wdg. 0,2 CuL
sekundär: 192 Wdg. 0,7 CuL

Der Eisenkern eines Transformators besteht aus einzelnen Blechen in den Stärken von 0,35 mm oder 0,5 mm. Als Transformatorblech wird meist Dynamoblech III oder IV verwendet, für Spezialzwecke dagegen dünneres Blech mit bedeutend größerer Permeabilität (z. B. Mü-Metall). Die Transformatorenbleche sind einseitig lackiert oder mit einer Seidenpapierschicht bedeckt.

Transformatorenbleche weisen verschiedene Formen auf. Am bekanntesten sind der M-Schnitt und der E/I-Schnitt (Bild 40). Der M-Schnitt besteht nur aus einem Teil. Der mittlere Schenkel ist an einem Ende abgetrennt, damit das Blech auf den Spulenkörper geschoben werden kann. Der

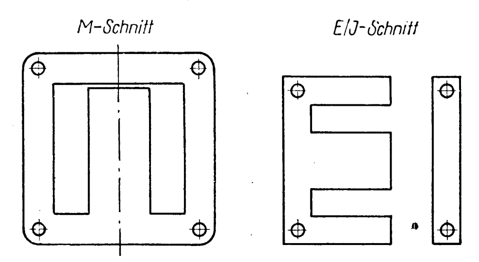



Bild 40. Schnittformen von Transformatorblechen für Transformatoren, Übertrager und Eisendrosseln

E/I-Kern ist wesentlich wirtschaftlicher, sowohl in der Herstellung als auch in der Verarbeitung. Er besteht aus dem dreischenkligen E-Schnitt und dem Joch als I-Schnitt. Die Herstellung erfolgt durch ein abfalloses Stanzen, indem durch zwei aneinandergestellte „E" aus den Fensterflächen zwei „I", die benötigten Joche, entstehen. Das Stopfen des E/I-Kernes ist ebenfalls einfach. Soll sich kein Luftspalt bilden, so wird wechselseitig geschichtet. Durch eine Isolierstoff-Zwischenlage zwischen E-Kern und Joch kann jeder beliebige Luftspalt eingestellt werden. Allerdings ist beim E/I-Schnitt zu beachten, daß er zwei Luftspalten besitzt. Für einen errechneten Luftspalt darf daher nur eine Isolierstoff-Zwischenlage von der halben Luftspaltlänge verwendet werden.
Die Wicklungen eines Transformators werden auf einen Spulenkörper aus Preßpappe oder Pertinax aufgebracht (Bild 41). Dabei benutzt man eine einfache, entweder durch Handkurbel oder Handbohrmaschine angetriebene Wickelvorrichtung (Bild 42). Die Wicklung wird lagenweise aufgebracht. Je nach dem zu erwartenden Spannungspotential ordnet man nach jeder einzelnen, nach jeder zweiten oder nach mehreren Lagen Papier- oder Ölleinen-Isolationen an. Werden dünne Drahtstärken ver-

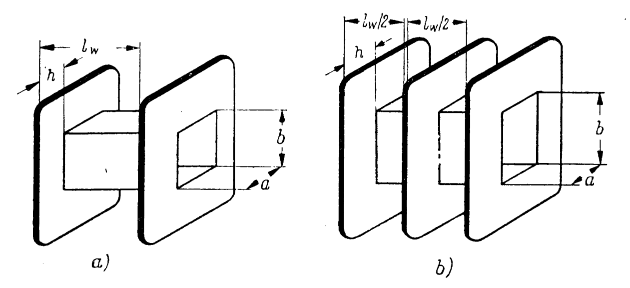



Bild 41. Spulenkörper für Eisenblechkerne. a) normaler Spulenkörper; b) geschachtelter Spulenkörper für kapazitätsarme Wicklung

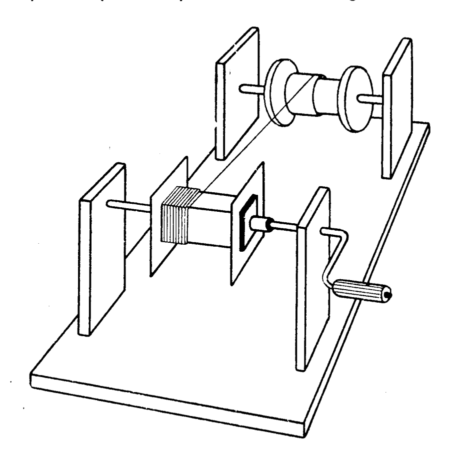


Bild 42. Einfache Spulenwickelmaschine für Transformatorwicklungen

arbeitet, bei denen die Gefahr des Abreißens der Wicklungsenden besteht, so erfolgt ein Anlöten stärkeren Kupferlackdrahtes oder umsponnener Kupferlitze, die dann als Wicklungsende herausgeführt wird (Bild 43). Der Spulenkörper ist etwas kleiner als die vorhandenen Fenstermaße auszuführen, weil dadurch ein leichteres Stopfen des Eisenkerns möglich wird.

Ist die Primärwicklung auf den Spulenkörper aufgebracht, dann folgen die Sekundärwicklungen, wobei die Heiz-

wicklungen außen angeordnet werden. Bei Ausgangsübertragern unterteilt man die einzelnen Wicklungen und wickelt sie abwechselnd. Dadurch wird die Streuung her-

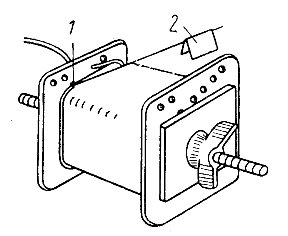



Bild 43. Dünnere Drähte werden durch Anlöten einer stärkeren Litze (1) herausgeführt. Die Lötstelle wird mit einem Isolierstreifen (2) abgedeckt

abgesetzt, was sich in einer Erweiterung des Frequenzbereiches nach höheren Frequenzen bemerkbar macht. Sobald ein Gleichstrom durch eine Übertrager-Wicklung fließt, muß zum Vermeiden einer Gleichstromvormagnetisierung, die die Übertragungseigenschaften herabsetzt, ein Luftspalt vorgesehen werden. Bei Ausgangsübertragern für Gegentaktschaltungen ist das nicht erforderlich, da sich die magnetischen Erregungen durch die beiden Anodenströme gegenseitig aufheben. Achtung aber bei Übertragern, die zur Modulation verwendet werden, denn hier fließt z. B. der Anodenstrom der PA-Röhre durch die Sekundärwicklung.

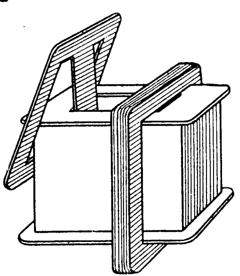


Bild 44. Stopfen eines Spulenkörpers mit Transformatorblechen. Ohne Luftspalt wird wechselseitig und mit Luftspalt einseitig gestopft

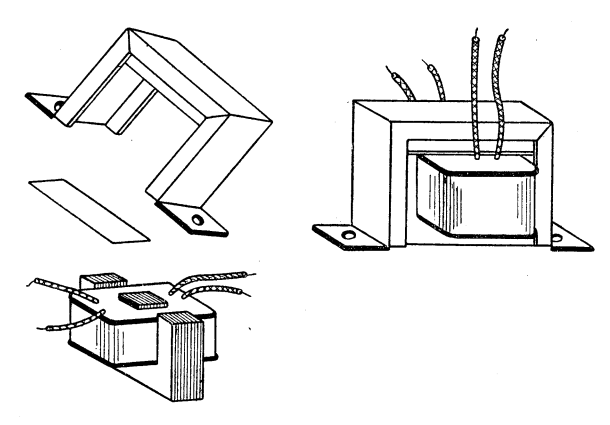


Bild 45. Aufbau eines Transformators mit E/I-Kern

Ist der Eisenkern des Transformators fertig gestopft (Bild 44), so wird mit Hilfe der Befestigungswinkel und zwei bzw. vier durch Bohrungen des Eisenkerns führende Schrauben der Eisenkern fest zusammengefügt (Bild 45 und 46).

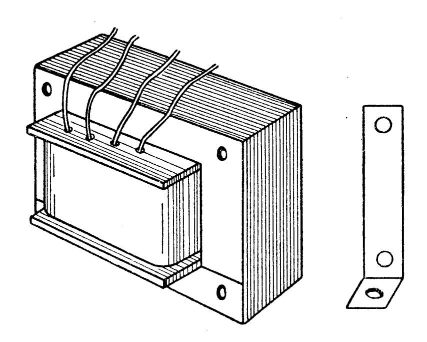


Bild 46. Befestigung eines Transformatorkernes mit Hilfe von vier Eisenblechwinkeln

# 5. WIE ERFOLGT DIE MONTAGE FUNKTECHNISCHER GERÄTE

Sind die mechanischen Arbeiten an Chassis und Gehäuse beendet, dann erfolgt die Montage der einzelnen größeren Bauelemente. Dabei ist einiges zu beachten. Auch eventuell abzuschirmende Bauelemente oder Röhrenelektroden, die eine schädliche Einflußnahme auf die Schaltung erwarten lassen, sind besonders zu behandeln.

## 5.1 Befestigen der Bauelemente

Grundsätzlich sollten die Anschlüsse der Bauelemente vor dem Einbau verzinnt werden. Das gilt für alle Bauelemente, bei denen Leitungsdrähte der Verdrahtung angelötet werden müssen (vor allem Röhrensockelfedern, Lötösen, Spulenanschlüsse usw.). Durch diese Maßnahme wird sehr viel Mehrarbeit vermieden, da es bei eingebauten Bauelementen nicht immer gelingt, die zu lötende Stelle einwandfrei zu säubern. (Zu lötende Metallflächen werden mit einem Glashaarpinsel gereinigt.) Sind die Bauelemente einwandfrei verzinnt, so kann der Einbau erfolgen.

Die Bauelemente werden in der Regel mit Schrauben und Muttern befestigt. Für kleinere Bauelemente genügen Schrauben mit 3-mm-Gewinde. Größere und schwerere Bauelemente, z. B. Transformatoren, erfordern entsprechend stärkere Schrauben. Sollen Bauelemente unverrückbar festliegen, so legt man unter die Mutter eine gezahnte Scheibe. Um ein Zerspringen der keramischen Bauteile beim Anziehen der Schraube zu vermeiden, wird auf beiden Seiten des Durchgangsloches je eine Papp- oder Hartpapierscheibe angebracht (Bild 47).

Muß zwischen Bauelement und Chassis eine metallische Verbindung bestehen, z. B. bei Potentiometern usw., dann muß darauf geachtet werden, daß die beiden aufeinanderliegenden Metallflächen sauber sind.

Besonderes Augenmerk ist auf die Spannungsfestigkeit zu richten. Das gilt nicht nur für Kondensatoren, die entsprechend der anliegenden Betriebsspannung dimensio-

niert sein müssen; auch bei anderen Bauelementen muß darauf geachtet werden, daß spannungsführende Teile nicht zu nahe am Chassis oder anderen metallischen Bauelementen liegen.

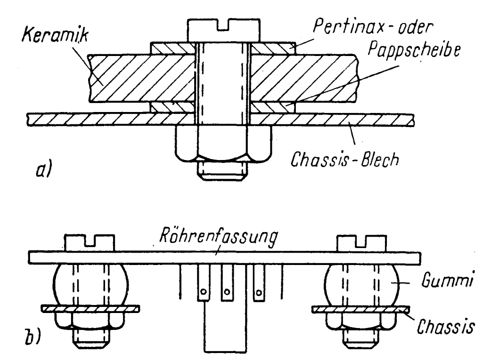



Bild 47. Befestigen von Bauteilen a) keramische Bauteile erhalten beidseitig eine weichere Zwischenlage, damit beim Anziehen der Schraubverbindung der keramische Bauteil nicht zerspringt; b) durch Gummilagerung federnde Röhrenfassung, um ein Klingen bei Erschütterungen zu vermeiden

Unbedingte Vorsicht ist bei Allstromschaltungen geboten. Bekanntlich steht das Chassis bei dieser Schaltungsart mit einem Netzpol in direkter Verbindung. Es müssen also spezielle Maßnahmen zum Berührungsschutz getroffen werden. Die metallischen Teile sind auf jeden Fall abzusichern. Das Chassis muß also durch die Rückwand berührungssicher abgedeckt, die Madenschrauben der Drehknöpfe müssen durch eine Wachsschicht gegen Berühren gesichert werden. Alle Buchsen, die mit dem Chassis in direkter Verbindung stehen, erhalten einen Schutzkondensator, damit beim Anschluß einer Erdleitung kein Kurzschluß entsteht.

Einige Bauelemente sind isoliert zu befestigen. So muß z. B. bei der halbautomatischen Gittervorspannungserzeugung der Ladeelko isoliert werden. Bei einigen Ausführungen von Hartpapier-Drehkondensatoren ist die metallische Achse mit den Rotorplatten direkt verbunden. In Rückkopplungsschaltungen muß daher ein solcher Dreh-

kondensator isoliert befestigt werden. Die Isolierung sämtlicher spannungsführender Buchsen dürfte selbstverständlich sein. Des weiteren sind Skalenlampenfassungen in Allstromschaltungen isoliert zu befestigen, da sie im Serienheizkreis liegen.

## 5.2 Abschirmung bestimmter Bauelemente

Im Niederfrequenzbereich dienen Abschirmungen zum Vermeiden des Brummens. Daher werden vor allem hochohmige Eingänge abgeschirmt. Außerdem kann es manchmal notwendig sein, RC-Kombinationen, die am Steuergitter liegen, statisch abzuschirmen. Das Steuergitter ist für Brummeinstreuungen besonders empfindlich. Deshalb werden auch alle Leitungen, die zum Steuergitter einer Elektronenröhre führen, grundsätzlich abgeschirmt (Bild 48). Bauelemente, die stärkere Wechselfelder erzeu-

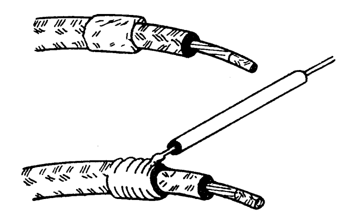


Bild 48. Bei abgeschirmten Leitungen wird erst das Kupfergeflecht verzinnt (a) und dann der Masseanschluß angelötet (b)

gen, vor allem also Transformatoren, sind daher keinesfalls in unmittelbarer Nähe solcher Leitungen zu befestigen. Um Selbsterregung zu vermeiden, dürfen Eingangsschaltung und Ausgangsschaltung nicht miteinander koppeln. Werden diese Hinweise nicht beachtet, so ergeben sich laute Heultöne.

Die Gefahr der Selbsterregung besteht besonders im Hochfrequenzgebiet. Am anfälligsten dafür ist der Zwischenfrequenzteil, weil bei diesem alle Schwingungskreise auf der gleichen Frequenz, der Zwischenfrequenz, arbeiten. Deshalb sind Zwischenfrequenzbandfilter grundsätzlich abgeschirmt. Da im Zwischenfrequenzverstärker

am Steuergitter und an der Anode Schwingungskreise mit gleicher Resonanzfrequenz liegen, muß man bei hartnäckigen Fällen am Röhrensockel zwischen dem Gitteranschluß und dem Anodenanschluß ein Abschirmblech einfügen (Bild 49). Das gleiche gilt für mehrkreisige Ein-

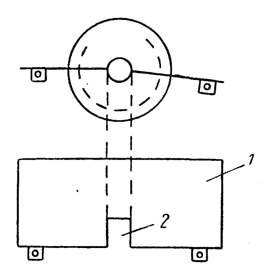



Bild 49. Abschirmung an einer Röhrenfassung für Miniaturröhren

gangsschaltungen, wo die Spulen unbedingt gegeneinander abzuschirmen sind.

Im Abschnitt 3.5 wurde bereits einiges über die ungewollte Abstrahlung bei Hochfrequenz gesagt. Um jede nicht beabsichtigte HF-Ausstrahlung zu vermeiden, müssen Geräte, wie z. B. Prüfgeneratoren usf., in dichte Metallgehäuse eingebaut werden. Die Störschutzbestimmungen der Deutschen Post sind in dieser Hinsicht sehr streng. Das trifft auch zu für Oszillatorausstrahlungen bei Superhetempfängern, insbesondere im UKW-Bereich. Diese Ausstrahlungen stören vor allem den Fernsehempfang. Eine der hartnäckigsten Störquellen ist in dieser Beziehung die Audionschaltung mit Pendelrückkopplung, die deshalb nicht mehr statthaft ist.

## 6. WIE ERFOLGT DIE VERDRAHTUNG FUNKTECHNISCHER GERÄTE

Der Anfänger wird in den meisten Fällen zur Verdrahtung (Bild 50) den entsprechenden Plan zu Hilfe nehmen, bis er gelernt hat, aus dem Schaltbild die angegebenen Verbindungen selbständig am Eigenbaugerät auszuführen.

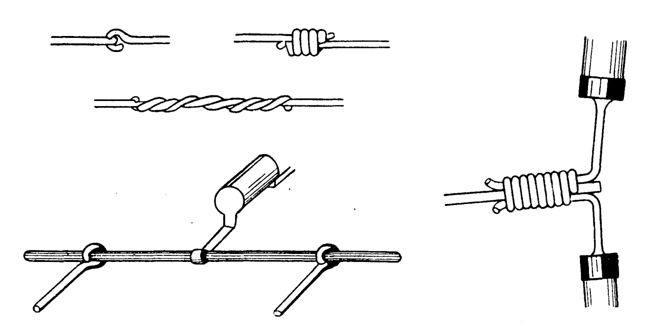


Bild 50. Verschiedene Ausführungen von Lötverbindungen

## 6.1 Verdrahtungsplan

Im Verdrahtungsplan sind entsprechend dem montierten Chassis alle notwendigen Verbindungen eingezeichnet (Bild 51). Der Anfänger erhält also mit dem Verdrahtungsplan den bereits in die Konstruktion übersetzten Schalt-

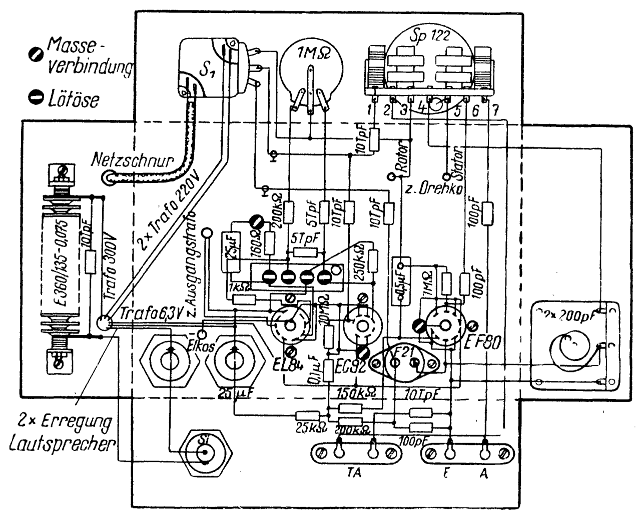



Bild 51. Verdrahtungsplan eines einfachen Einkreis-Empfängers nach Bild 14 bzw. Bild 17

plan. Er hat lediglich die Schaltdrähte in der vorgezeichneten Weise zu verlegen und anzulöten. Viele Verfasser von Bauanleitungen lehnen den Verdrahtungsplan ab, da er zu gedankenlosem Nachbau des Gerätes führe. Es trifft auch zu, daß der Newcomer oft ohne jede eigene Überlegung einfach die Vorlage übernimmt. Klar ist aber, daß der Verdrahtungsplan bereits vor dem in symbolhafter Weise ausgeführten Schaltplan vorhanden war. Der Autor dieser Broschüre ist der Meinung, der Anfänger sollte unbesorgt die ersten zwei bis drei selbstgebauten Geräte mit Hilfe eines Verdrahtungsplanes aufbauen und verdrahten. Allerdings wird empfohlen, dabei ständig Schaltplan und Verdrahtungsplan zu vergleichen, damit er lernt, das Schaltbild in die Konstruktion umzusetzen.

## 6.2 Ausführung der Verdrahtung

Als Grundsatz ist zu merken, daß kürzeste Leitungsführung stets vor Schönheit geht. Geradlinige und in Kabelbäumen untergebrachte Leitungsführung sieht zwar sehr gut aus, kann aber zum völligen Versagen des Gerätes führen. Gleichstromleitungen dürfen ohne weiteres in Kabelbäumen zusammengefaßt werden, ebenfalls z. B. die Verdrahtung eines Netzgerätes. Verstärker- und Empfängerschaltungen dagegen müssen eine möglichst kurze Leitungsführung aufweisen. Heizleitungen werden, um Brummausstrahlungen zu mindern, grundsätzlich verdrillt.

Zur Verdrahtung wird Schaltdraht verwendet. Dieser besteht aus einer von Kunststoff umgebenen Kupferseele. Der Durchmesser der Kupferseele beträgt 0,7 bzw. 0,5 mm. Nur bei größeren Strömen, z. B. bei Heizleitungen, wird Schaltdraht von 1 mm Durchmesser verwendet. Für Erdleitungen benutzt man blanken oder verzinnten Kupferdraht von 1 mm Durchmesser. Sollen Verbindungsleitungen flexibel ausgeführt werden, so ist Schaltdraht in den meisten Fällen zu steif; es wird daher besser Litze aus dünnen, blanken Kupferdrähten verwendet, die mit einer Kunststoffumhüllung oder Baumwollumspinnung versehen ist. Um Verluste bei der Verdrahtung von Schwingungskreisen klein zu halten, wird vor allem bei höheren Frequenzen versilberter Kupferdraht benutzt. Für Netzan-

schlüsse nimmt man meist zweiadrige Litze mit Gummimantel oder flacher Kunststoffumhüllung.

Beim Abisolieren des Schaltdrahtes oder eines Litzenkabels sind einige Hinweise von Bedeutung. Verwendet man ein Messer, z. B. das Taschenmesser, so ist darauf zu achten, daß der Kupferdraht nicht angeschnitten wird (Bild 52), denn eine dabei entstehende Kerbe führt beim Biegen zum Bruch. Besser eignet sich eine Abisolierzange, die beim richtigen Einstellen den Kupferdraht nicht verletzt. Kunststoff-Schaltdrähte können auch durch Wärmeeinwirkung abisoliert werden (Bild 53). Manche Lötkolben haben zu diesem Zweck am Kolben einen Blechwinkel

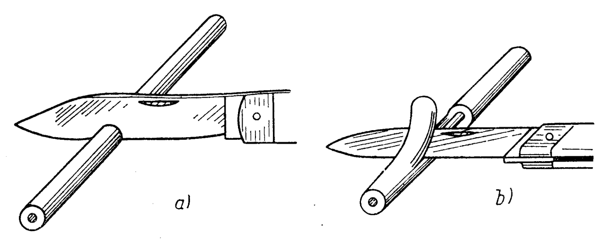



Bild 52. Abisolieren von kunststoffisoliertem Schaltdraht mit dem Taschenmesser

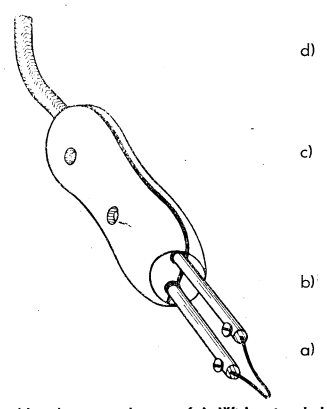



Bild 53. Elektrische Abisoliereinrichtung, (a) Widerstandsdraht, der erwärmt wird, (b) Messingbolzen, (c) Heft, (d) Kabel zur Transformatorwicklung (etwa 0,5 bis 2 Volt!)

mit Kerbe: Wird beim heißen Lötkolben der Schaltdraht in der Kerbe gedreht, so schmilzt an dieser Stelle der Kunststoff und kann abgestreift werden. Ist der Schaltdraht nicht verzinnt, so muß der Kupferdraht unbedingt vor dem Anlöten gesäubert und verzinnt werden. Durch längere Lagerzeit erhält der Kupferdraht eine Oxydationsschicht, die bei direktem Einlöten zu den bekannten kalten Lötstellen führt.

Besondere Schwierigkeiten bereitet das Abisolieren von HF-Litzen und das anschließende Verzinnen. HF-Litze besteht aus einer Anzahl sehr dünner Kupferlackdrähte, die nicht mehr einzeln blank gemacht werden können. Es ist dabei zu beachten, daß bereits **ein** nicht erfaßter Draht den Gütewert der HF-Spule wesentlich mindern kann. Beim Verzinnen sind also unbedingt sämtliche Kupferdrähte zu erfassen. Da diese dünnen Drähte mit mechanischen Mitteln nicht mehr blank gemacht werden können, hilft nur ein Abbrennen der Lackschicht. Dazu wird vorsichtig die Baumwollumspinnung entfernt, damit beim Abbrennen nicht rußartige Rückstände am Kupfer verbleiben, die ein Verzinnen erschweren. Dann werden die Kupferdrähte bis zum Glühen in eine Brennspiritusflamme gehalten. Noch im glühenden Zustand taucht man sie in Brennspiritus. Nach dieser Behandlung läßt sich die HF-Litze bequem mit Hilfe von Kolophonium verzinnen. Sollte die Kupferlitze nach dem Glühen nicht blank sein, so lassen sich die verbrannten Lackreste ohne weiteres mit feinem Schmirgelleinen entfernen.

Schwierigkeiten bereitet mitunter das Verdrahten der Erdpunkte (Bild 54). Auf jeden Fall sind die Erdpunkte nicht wahllos an das Chassis zu führen, da sonst undefinierbare Erdungsverhältnisse auftreten. Im Bereich der niederen Frequenzen genügt es, die Erdpunkte auf einer Erdleitung zu erfassen und diese an einem Punkt mit dem Chassis zu verbinden. Bei höheren Frequenzen, vor allem im KW- und UKW-Gebiet, ist das nicht mehr zulässig. In diesem Frequenzbereich werden die zu einer Röhrenstufe gehörenden Erdpunkte zusammengefaßt und unmittelbar an der Röhrenfassung an das Chassis geführt. Dadurch

vermeidet man Verkopplungen zwischen den einzelnen Röhrenstufen.
Während bei Röhrenfassungen für Röhren mit Röhrenfüßen aus Preßstoff unbedenklich kleinere Bauelemente,

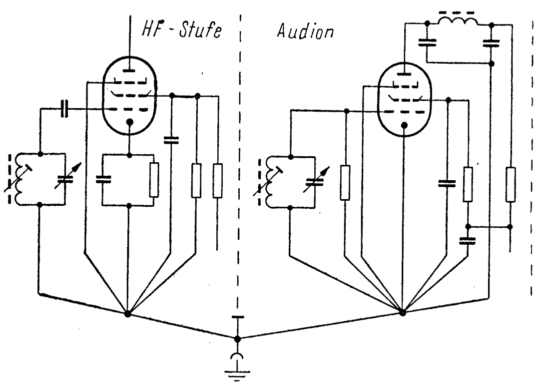



Bild 54. Zusammenfassung der Erdpunkte für die einzelnen Röhrenstufen

wie Widerstände und Kondensatoren, fest angelötet werden können, ist bei der Verdrahtung von Röhrenfassungen für Miniaturröhren Vorsicht geboten. Miniaturröhren besitzen bekanntlich nur einen Preßglasteller mit den Sockelstiften. Eine Beanspruchung dieser Sockelstifte durch Querkräfte kann zu Glassprüngen im Preßglasteller führen. Damit hat eine solche Röhre „ausgedient". Die Sockelfedern einer Miniaturröhrenfassung dürfen also nicht in eine starre Verdrahtung einbezogen werden, sondern müssen beweglich bleiben. Man verwende daher vorsichtshalber dünnere Schaltdrähte.

## 6.3 Verdrahten von Lötösenplatten

Lötösenplatten kann man bereits vor dem Einbau verdrahten (Bild 55). Diese Verdrahtung erfolgt entweder unter den Bauelementen oder besser unter der Lötösenplatte. Zu diesem Zweck fertigt man sich einen Schaltungsauszug an, damit die Reihenfolge der auf der Lötösen-

platte anzuordnenden Bauelemente festgelegt werden kann. Es dürfen dabei nur wenige Kurzschlüsse benachbarter Lötösen und einige Verbindungen zu schräg gegenüberliegenden Lötösen vorkommen. Außerdem sollen die

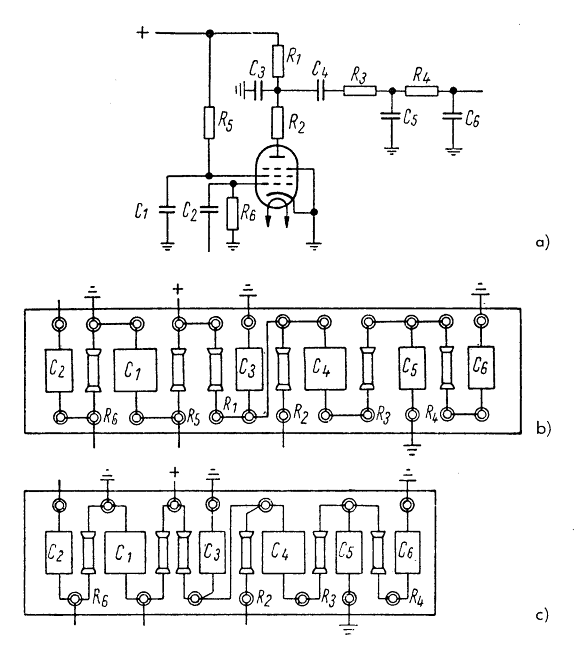



Bild 55. Verdrahten von Lötösenplatten a) Schaltung, b) und c) ausgeführte Verdrahtung

Anschlüsse zu den Röhrenelektroden auf der einen Seite, die Spannungs- und Erdzuführungen auf der anderen Seite liegen. Die Lötösenplatte wird dann möglichst nahe der Röhrenfassung angeordnet, damit kurze Zuleitungen entstehen (Bild 56).

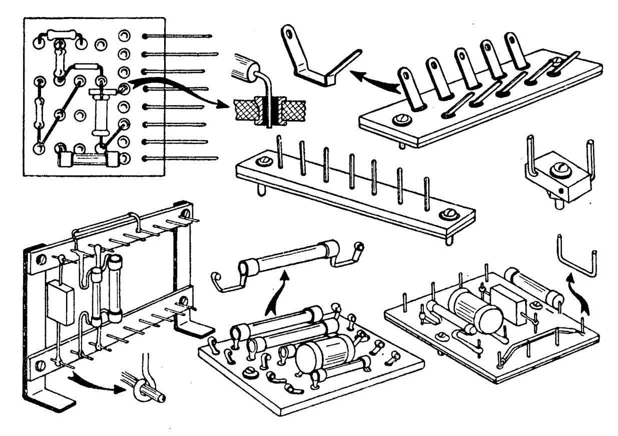


Bild 56. Verdrahten von Lötösenplatten

## 6.4 Abbinden der Verdrahtung

Wie bereits gesagt, kann man alle Leitungen, die der Fachsprache nach „kalt“ sind, zu einem Kabelbaum vereinigen. Dazu gehören vor allem Verbindungsdrähte des Netzteiles, Erdleitungen und Gleichstromleitungen. Der Kabelbaum erhält seinen festen Zusammenhalt durch ein schleifenartiges Binden mit gewachster Hanfschnur (Bild 57). Beim Abbinden des Kabelbaumes wird an seinem dicken Ende begonnen, nachdem die Hanfschnur fest mit einer Umschlingung angeknotet ist. In kurzen Abständen werden laufend weitere Umschlingungen vorgenommen. Dabei kann die einzelne Schlinge als Einfachschlinge oder als Doppelschlinge ausgeführt werden. Jede Schlinge wird einzeln festgezogen und bis zur Fertigstellung der nächsten festgehalten. Weisen alle Schlingen den gleichen Abstand auf, so erhält der Kabelbaum ein gefälliges Aussehen. Bei längeren Kabelbäumen ist es manchmal erforderlich, diesen mit Rohrschellen am Chassis zu befestigen. Werden bei der Verdrahtung ein- oder zweipolige Kabel

mit Baumwollumspinnung verwendet, so müssen die Baumwollenden abgebunden werden. Die Baumwollumspinnung liegt meist locker auf und würde sich sonst verschieben und ausfransen. Zum Abbinden wird dünne gewachste Hanfschnur benutzt. Die Baumwollumspinnung schneidet man an der Abbindestelle sauber ab, legt ein Ende der Hanfschnur doppelt, und zwar so, daß eine Öse bleibt,

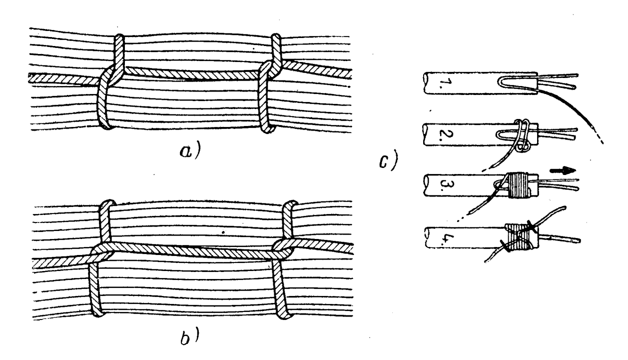



Bild 57. Abbinden von Kabeln a) richtiger Abbund an Kabelbäumen, b) falscher Abbund an Kabelbäumen, c) Abbinden von Kabelenden

und wickelt dann die Hanfschnur nach vorn fest auf. Das Ende muß straff durch die Öse geführt werden. Mit einer Zange faßt man dann das untergewickelte Ende und zieht das andere Ende unter die Wicklung. Die überstehenden Enden sind abzuschneiden. Beide Enden liegen jetzt fest unter der Wicklung und können sich nicht lösen.

# 7. WICHTIGE TABELLEN

## 7.1 Farbkennzeichnung von Kleinstwiderständen

Kleinstwiderstände enthalten keinen aufgedruckten Widerstandswert, sondern eine Anzahl Farbpunkte. Während die ersten beiden Farbpunkte die beiden ersten Ziffern des Widerstandswertes angeben, gibt der dritte Punkt die Zahl der Nullen an. Der vierte bzw. der vierte und der fünfte Punkt geben die Toleranz des Widerstandswertes an (Bild 58).

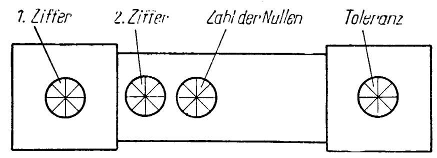



Bild 58. Anordnung der Farbpunkte für die Farbkennzeichnung von Kleinstwiderständen

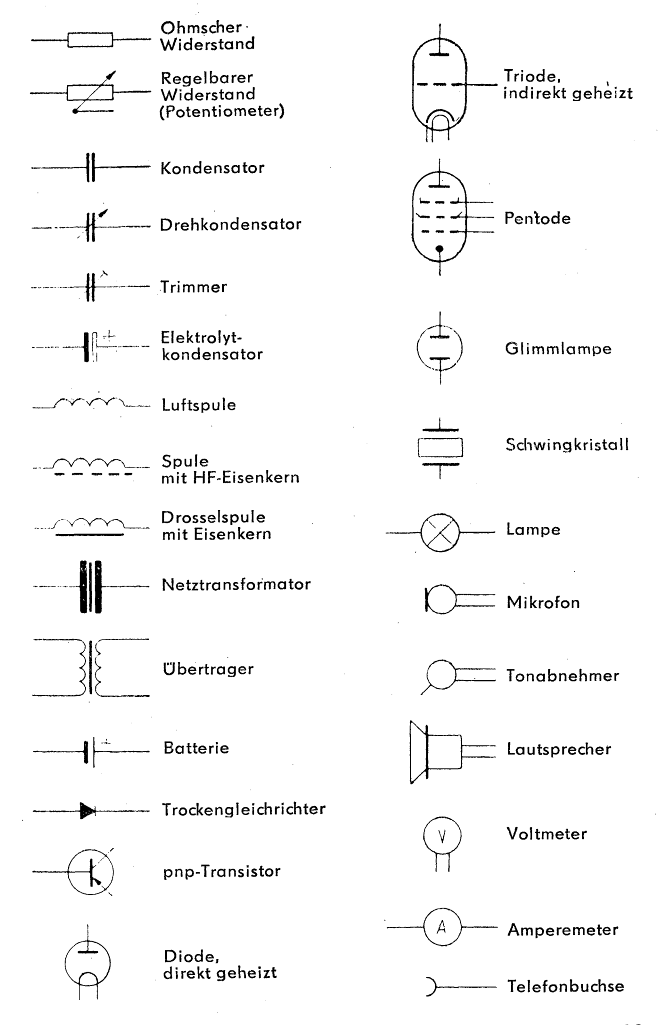
| | 1. Punkt | 2. Punkt | 3. Punkt |
|---|---|---|---|
| schwarz | 0 | 0 | $10^0$ |
| braun | 1 | 1 | $10^1$ |
| rot | 2 | 2 | $10^2$ |
| orange | 3 | 3 | $10^3$ |
| gelb | 4 | 4 | $10^4$ |
| grün | 5 | 5 | $10^5$ |
| blau | 6 | 6 | $10^6$ |
| violett | 7 | 7 | $10^7$ |
| grau | 8 | 8 | $10^{-2}$ |
| weiß | 9 | 9 | $10^{-1}$ |

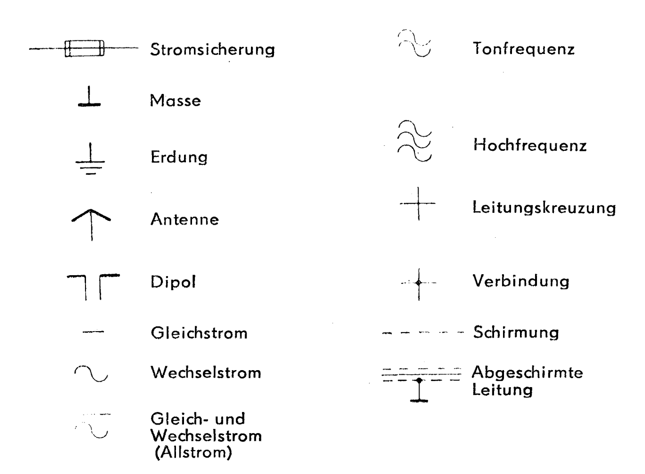
| | |
|---|---|
| ein Goldpunkt | ± 1 Prozent |
| zwei Goldpunkte | ± 2 Prozent |
| ein Silberpunkt | ± 5 Prozent |
| zwei Silberpunkte | ± 10 Prozent |

Beispiele

| | |
|---|---|
| rot – grün – schwarz | $25 \cdot 10^0 =$ 25 Ohm ± 20 Prozent |
| blau – schwarz – braun – silber | $60 \cdot 10^1 =$ 600 Ohm ± 5 Prozent |
| rot – orange – gold | $2 \cdot 10^3 =$ 2 kOhm ± 1 Prozent |
| orange – grün – gelb – gold – gold | $35 \cdot 10^4 =$ 350 kOhm ± 2 Prozent |
| braun – schwarz – grün – silber – silber | $10 \cdot 10^5 =$ 1 MOhm ± 10 Prozent |

## 7.2 Die wichtigsten Schaltzeichen






## 7.3 DIN-Angaben für Chassis und Gehäuse

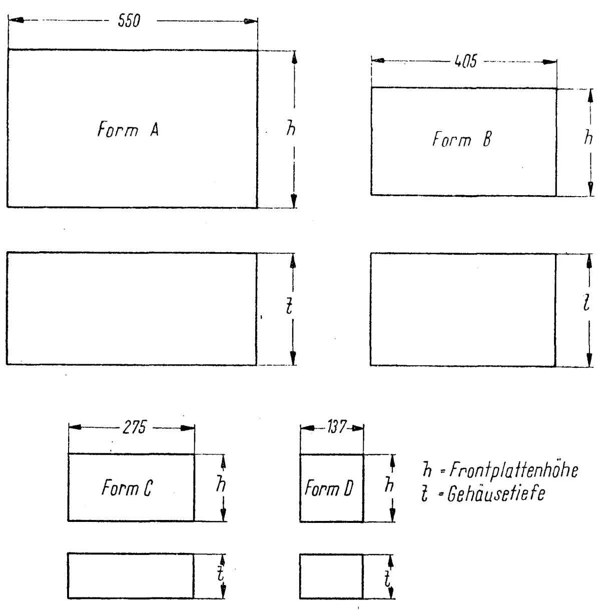



Bild 59. Hauptmaße für Gehäuse nach DIN 41 610

DIN 41610 gibt für Gehäuse die wichtigsten Abmessungen an (Bild 59)

| Nenngröße | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Form A | h | 96 | 130 | 164 | 198 | **232** | 266 | **300** | 334 | 368 | 402 | 436 | 470 | 504 |
| | t | 160 oder **200** oder 295 | | | | | | | | | | | | |
| Form B | h | 96 | 130 | 164 | **198** | 232 | **266** | 300 | 334 | 368 | 402 | 436 | 470 | 504 |
| | t | 160 oder **200** oder 295 | | | | | | | | | | | | |
| Form C | h | 96 | 131 | 164 | **198** | 232 | 266 | 300 | 334 | 368 | — | — | — | — |
| | t | **120** oder 160 oder 200 oder 295 | | | | | | | | | | | | |
| Form D | h | 96 | 130 | 164 | **198** | 232 | **266** | 300 | — | — | — | — | — | — |
| | t | **120** oder 160 oder 200 | | | | | | | | | | | | |

Anmerkung: Fettgedruckte Größen bevorzugen!

DIN 41490 und DIN 41491 geben für Kastengeräte, Kastengestelle und Gestellrahmen die wichtigsten Abmessungen an. In einem Kastengestell können mehrere Einschübe untergebracht werden (Bild 60).

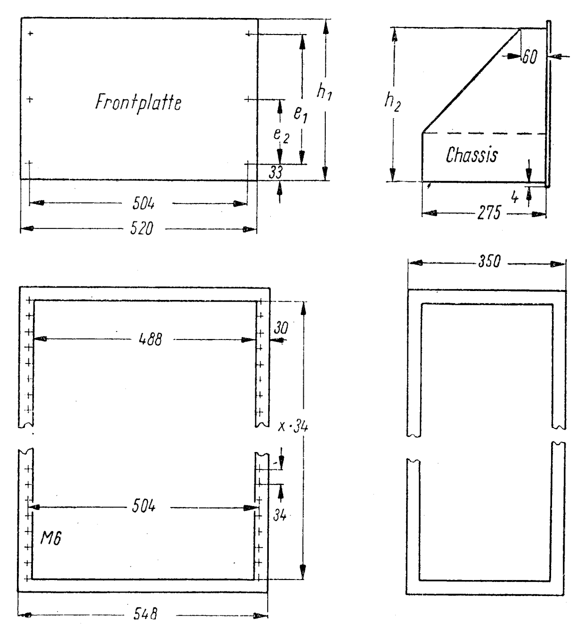



Bild 60. Hauptmaße für Einschübe und Kastengestelle nach DIN 41 490 und DIN 41 491

| Nenngröße | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | 6 | 7 | **8** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $h_1$ | 66 | 100 | 134 | 168 | 202 | 236 | 270 | 304 |
| $h_2$ | 58 | 92 | 126 | 160 | 194 | 228 | 262 | 296 |
| $e_1$ | — | 34 | 68 | 102 | 136 | 170 | 204 | 238 |
| $e_2$ | — | — | — | — | — | — | 102 | 102 |

Anmerkung: Fettgedruckte Größen bevorzugen!

## 7.4 Daten für Kupferlackdraht

| Nenn-Dmr. mm | Dmr. für CuL mm | Nenn-querschnitt mm² | Höchststrom für i = 2,55 A A | Widerstand pro Meter Ohm | Windungszahl je cm² Wdg. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,03 | 0,045 | 0,0007 | 0,002 | 24,82 | 45 000 |
| 0,04 | 0,055 | 0,0013 | 0,003 | 13,96 | 25 000 |
| 0,05 | 0,062 | 0,0020 | 0,005 | 8,94 | 20 000 |
| 0,06 | 0,075 | 0,0028 | 0,007 | 6,21 | 15 000 |
| 0,07 | 0,085 | 0,0039 | 0,010 | 4,56 | 11 000 |
| 0,08 | 0,095 | 0,0050 | 0,013 | 3,49 | 9 000 |
| 0,09 | 0,108 | 0,0064 | 0,016 | 2,76 | 7 000 |
| 0,10 | 0,115 | 0,0079 | 0,020 | 2,23 | 6 000 |
| 0,11 | 0,13 | 0,0095 | 0,024 | 1,84 | 5 000 |
| 0,12 | 0,14 | 0,0113 | 0,029 | 1,55 | 4 400 |
| 0,13 | 0,15 | 0,0133 | 0,034 | 1,32 | 3 600 |
| 0,14 | 0,16 | 0,0154 | 0,039 | 1,14 | 3 200 |
| 0,15 | 0,17 | 0,0177 | 0,045 | 0,99 | 2 800 |
| 0,16 | 0,18 | 0,0211 | 0,051 | 0,87 | 2 500 |
| 0,17 | 0,19 | 0,0227 | 0,058 | 0,773 | 2 250 |
| 0,18 | 0,20 | 0,0254 | 0,065 | 0,689 | 2 000 |
| 0,19 | 0,21 | 0,0284 | 0,072 | 0,619 | 1 800 |
| 0,20 | 0,22 | 0,0314 | 0,080 | 0,557 | 1 650 |
| 0,21 | 0,23 | 0,0346 | 0,088 | 0,507 | 1 500 |
| 0,22 | 0,24 | 0,038 | 0,097 | 0,460 | 1 400 |
| 0,23 | 0,25 | 0,042 | 0,106 | 0,422 | 1 300 |
| 0,24 | 0,26 | 0,045 | 0,116 | 0,388 | 1 250 |
| 0,25 | 0,27 | 0,049 | 0,125 | 0,357 | 1 100 |
| 0,26 | 0,285 | 0,053 | 0,135 | 0,330 | 1 000 |
| 0,27 | 0,295 | 0,057 | 0,145 | 0,306 | 950 |
| 0,28 | 0,305 | 0,062 | 0,157 | 0,285 | 870 |
| 0,29 | 0,315 | 0,066 | 0,168 | 0,266 | 800 |

| Nenn-Dmr. mm | Dmr. für CuL mm | Nenn-querschnitt mm² | Höchststrom für I = 2.55 A A | Widerstand pro Meter Ohm | Windungszahl je cm² Wdg. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,30 | 0,33 | 0,071 | 0,180 | 0,248 | 770 |
| 0,31 | 0,34 | 0,075 | 0,192 | 0,232 | 720 |
| 0,32 | 0,35 | 0,080 | 0,205 | 0,218 | 690 |
| 0,33 | 0,36 | 0,086 | 0,218 | 0,2051 | 650 |
| 0,34 | 0,37 | 0,091 | 0,231 | 0,1932 | 600 |
| 0,35 | 0,38 | 0,096 | 0,245 | 0,1824 | 580 |
| 0,36 | 0,39 | 0,102 | 0,259 | 0,1724 | 540 |
| 0,37 | 0,40 | 0,108 | 0,274 | 0,1632 | 520 |
| 0,38 | 0,41 | 0,113 | 0,289 | 0,1547 | 500 |
| 0,39 | 0,42 | 0,120 | 0,304 | 0,1469 | 475 |
| 0,40 | 0,43 | 0,126 | 0,320 | 0,1396 | 450 |
| 0,42 | 0,45 | 0,139 | 0,353 | 0,1266 | 420 |
| 0,43 | 0,46 | 0,145 | 0,370 | 0,1209 | 390 |
| 0,45 | 0,48 | 0,159 | 0,405 | 0,1103 | 370 |
| 0,47 | 0,50 | 0,173 | 0,442 | 0,1012 | 330 |
| 0,48 | 0,51 | 0,181 | 0,461 | 0,0970 | 320 |
| 0,50 | 0,54 | 0,196 | 0,500 | 0,0894 | 300 |
| 0,55 | 0,59 | 0,238 | 0,605 | 0,0738 | 250 |
| 0,60 | 0,64 | 0,283 | 0,720 | 0,0621 | 210 |
| 0,65 | 0,69 | 0,334 | 0,845 | 0,0562 | 180 |
| 0,70 | 0,74 | 0,385 | 0,980 | 0,0455 | 160 |
| 0,75 | 0,79 | 0,444 | 1,125 | 0,0395 | 140 |
| 0,80 | 0,84 | 0,504 | 1,280 | 0,0348 | 120 |
| 0,85 | 0,90 | 0,570 | 1,445 | 0,0318 | 110 |
| 0,90 | 0,93 | 0,636 | 1,620 | 0,0275 | 100 |
| 0,95 | 1,00 | 0,711 | 1,805 | 0,0246 | 90 |
| 1,00 | 1,05 | 0,786 | 2,000 | 0,0223 | 83 |
| 1,10 | 1,16 | 0,951 | 2,420 | 0,0184 | 67 |
| 1,20 | 1,26 | 1,131 | 2,880 | 0,0155 | 55 |
| 1,30 | 1,36 | 1,329 | 3,380 | 0,0132 | 45 |
| 1,40 | 1,46 | 1,540 | 3,920 | 0,0114 | 40 |
| 1,50 | 1,56 | 1,770 | 4,500 | 0,0099 | 33 |
| 1,60 | 1,66 | 2,015 | 5,120 | 0,0087 | 28 |
| 1,70 | 1,76 | 2,275 | 5,780 | 0,0077 | 24 |
| 1,75 | 1,81 | 2,365 | 6,125 | 0,0073 | 20 |
| 1,80 | 1,86 | 2,545 | 6,480 | 0,0069 | 17 |
| 1,90 | 1,96 | 2,840 | 7,220 | 0,0062 | 14 |
| 2,00 | 2,07 | 3,142 | 8,000 | 0,0056 | 12 |
| 2,20 | 2,27 | 3,800 | 9,500 | 0,0046 | 10 |
| 2,50 | 2,57 | 4,910 | 12,300 | 0,0036 | 7 |

## 7.5 Die wichtigsten Daten von Eisenkernen für Transformatoren

a) Blechpakete mit M-Schnitt

| | | M 42 | M 55 | M 65 | M 74 | M 85a | M 85b | M102a | M102b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| maximale Leistung | VA | 4 | 12 | 25 | 50 | 70 | 100 | 120 | 180 |
| Blechbreite, -höhe | mm | 42 | 55 | 65 | 74 | 85 | 85 | 102 | 102 |
| Paketstärke | mm | 15 | 20 | 27 | 32 | 32 | 45 | 35 | 52 |
| Eisenquerschnitt | $cm^2$ | 1,8 | 3,4 | 5,4 | 7,4 | 9,4 | 13 | 12 | 18 |
| Eisenweglänge | cm | 10,2 | 13,1 | 15,5 | 17,6 | 19,7 | 19,7 | 23,8 | 23,8 |
| Zungenbreite | mm | 12 | 17 | 20 | 23 | 29 | 29 | 34 | 34 |
| ausnutzbare Fensterhöhe | mm | 7 | 8,5 | 10 | 12 | 11 | 11 | 13,5 | 13,5 |
| ausnutzbare Fensterbreite | mm | 26,4 | 33,5 | 37 | 44 | 49 | 49 | 61 | 61 |
| Windungslänge, innen | cm | 7 | 9,3 | 11 | 12,8 | 14 | 15,4 | 16 | 19,3 |
| Windungslänge, Mitte | cm | 9,2 | 12 | 14,4 | 16,5 | 17 | 18,4 | 19,8 | 23,2 |
| Windungslänge, außen | cm | 11,1 | 13,8 | 16,7 | 19,8 | 20,3 | 21,7 | 23,5 | 27,1 |
| Fensterquerschnitt (brutto) | $cm^2$ | 2,7 | 4 | 5,6 | 7,1 | 7,5 | 7,5 | 11,5 | 11,5 |
| Wirkungsgrad | Prozent | 60 | 70 | 77 | 83 | 84 | 85 | 87 | 89 |
| Blechzahl bei 0,35 mm | Stück | 41 | 54 | 72 | 86 | 86 | 118 | 95 | 138 |
| Blechzahl bei 0,5 mm | Stück | 26 | 34 | 46 | 55 | 55 | 78 | 60 | 90 |
| Spannung je Windung | mV/Wdg. | 45 | 88 | 134 | 184 | 232 | 320 | 298 | 440 |
| Windungen je Volt | Wdg./V | 22,1 | 11,4 | 7,5 | 5,4 | 4,3 | 3,1 | 3,3 | 2,3 |
| Windungszahl 220 V primär | Wdg./220 V | 4900 | 2600 | 1650 | 1200 | 960 | 685 | 730 | 500 |
| Windungszahl 220 V sekundär | Wdg./220 V | 6400 | 2980 | 1790 | 1280 | 1010 | 715 | 770 | 510 |
| Windungszahl 6,3 V sekundär | Wdg./6,3 V | 190 | 87 | 52 | 37 | 29 | 20 | 22 | 15 |

b) Blechpakete mit E/I-Schnitt

| | | EJ 48 | EJ 54 | EJ 60 | EJ 66 | EJ 78 | EJ 84a | EJ 84b | EJ106a | EJ106b | EJ130a | EJ130b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| maximale Leistung | VA | 5 | 10 | 15 | 20 | 35 | 50 | 75 | 100 | 140 | 230 | 280 |
| Blechhöhe (mit Joch) | mm | 40 | 45 | 50 | 55 | 65 | 70 | 70 | 88 | 88 | 105 | 105 |
| Blechbreite | mm | 48 | 54 | 60 | 66 | 78 | 84 | 84 | 105 | 105 | 130 | 130 |
| Paketstärke | mm | 16 | 18 | 20 | 22 | 26 | 28 | 42 | 35 | 45 | 35 | 45 |
| Eisenquerschnitt | cm² | 2,56 | 3,24 | 4 | 4,8 | 6,8 | 7,8 | 11,8 | 12,3 | 15,8 | 12,3 | 15,8 |
| Eisenweglänge | cm | 9,6 | 10,8 | 12 | 13,2 | 15,6 | 16,8 | 16,8 | 21 | 21 | 27 | 27 |
| Zungenbreite | mm | 16 | 18 | 20 | 22 | 26 | 28 | 28 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| ausnutzbare Fensterhöhe | mm | 21,5 | 24,5 | 27 | 30 | 35 | 38 | 38 | 49 | 49 | 66 | 66 |
| ausnutzbare Fensterbreite | mm | 6 | 7 | 8 | 9 | 10,5 | 11,5 | 11,5 | 21 | 21 | 27 | 27 |
| Windungslänge, innen | cm | 8 | 9,3 | 10,3 | 11,3 | 13,2 | 14,1 | 17,1 | 17,6 | 19,9 | 20,2 | 22,2 |
| Windungslänge, Mitte | cm | 9 | 10,3 | 11,4 | 12,5 | 14,7 | 15,9 | 18,9 | 21,7 | 23,5 | 23,9 | 25,9 |
| Windungslänge, außen | cm | 10,1 | 11,2 | 12,5 | 13,8 | 16,3 | 17,6 | 20,6 | 25,1 | 27,3 | 27,7 | 29,7 |
| Fensterquerschnitt (brutto) | cm² | 1,92 | 2,43 | 3 | 3,6 | 5,1 | 5,9 | 5,9 | 13,4 | 13,4 | 21 | 21 |
| Wirkungsgrad | Prozent | 65 | 68 | 72 | 75 | 78 | 81 | 83 | 85 | 87 | 90 | 91 |
| Blechzahl bei 0,35 mm | Stück | 43 | 49 | 54 | 60 | 70 | 75 | 109 | 95 | 118 | 95 | 118 |
| Blechzahl bei 0,5 mm | Stück | 27 | 31 | 34 | 37 | 44 | 48 | 75 | 60 | 78 | 61 | 78 |
| Spannung je Windung | mV/Wdg. | 57 | 74 | 92 | 110 | 156 | 180 | 275 | 284 | 365 | 284 | 365 |
| Windungen je Volt | Wdg./V | 17,5 | 13,6 | 10,9 | 9,1 | 6,5 | 5,6 | 3,7 | 3,5 | 2,7 | 3,5 | 2,7 |
| Windungszahl 220 V primär | Wdg./220 V | 3850 | 3000 | 2400 | 2000 | 1430 | 1240 | 815 | 770 | 595 | 770 | 595 |
| Windungszahl 220 V sekundär | Wdg./220 V | 4400 | 3400 | 2650 | 2200 | 1550 | 1350 | 865 | 800 | 610 | 800 | 610 |
| Windungszahl 6,3 V sekundär | Wdg./6,3 V | 125 | 100 | 75 | 64 | 45 | 37 | 24 | 22 | 17 | 22 | 17 |

## 7.6 Dezimale und Vielfache

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| p = Pico | = $10^{-12}$ | = 0,000 000 000 001 | D = Deka | = $10^{1}$ | = 10 |
| n = Nano | = $10^{-9}$ | = 0,000 000 001 | H = Hekto | = $10^{2}$ | = 100 |
| $\mu$ = Mikro | = $10^{-6}$ | = 0,000 001 | K = Kilo | = $10^{3}$ | = 1 000 |
| m = Milli | = $10^{-3}$ | = 0,001 | M = Mega | = $10^{6}$ | = 1 000 000 |
| c = Zenti | = $10^{-2}$ | = 0,01 | G = Giga | = $10^{9}$ | = 1 000 000 000 |
| d = Dezi | = $10^{-1}$ | = 0,1 | T = Tera | = $10^{12}$ | = 1 000 000 000 000 |

## 7.7 Umrechnungswerte

| Einheit | F | $\mu$F | nF | pF | cm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 F (Farad) | 1 | $10^{6}$ | $10^{9}$ | $10^{12}$ | 0,9 $10^{12}$ |
| 1 $\mu$F (Mikrofarad) | $10^{-6}$ | 1 | $10^{3}$ | $10^{6}$ | 0,9 $10^{6}$ |
| 1 nF (Nanofarad) | $10^{-9}$ | $10^{-3}$ | 1 | $10^{3}$ | 0,9 $10^{3}$ |
| 1 pF (Picofarad) | $10^{-12}$ | $10^{-6}$ | $10^{-3}$ | 1 | 0,9 |
| 1 cm (Zentimeter) | 1,1 $10^{-12}$ | 1,1 $10^{-6}$ | 1,1 $10^{-3}$ | 1,1 | 1 |

| Einheit | H | mH | $\mu$H | cm |
|---|---|---|---|---|
| 1 H (Henry) | 1 | $10^{3}$ | $10^{6}$ | $10^{9}$ |
| 1 mH (Millihenry) | $10^{-3}$ | 1 | $10^{3}$ | $10^{6}$ |
| 1 $\mu$H (Mikrohenry) | $10^{-6}$ | $10^{-3}$ | 1 | $10^{3}$ |
| 1 cm (Zentimeter) | $10^{-9}$ | $10^{-6}$ | $10^{-3}$ | 1 |

# 8. LITERATURHINWEISE

Domsch, G. H.: Der Übertrager der Nachrichtentechnik. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig KG, Leipzig, 1953.

Pabst, B.: Bauelemente des Rundfunkempfängers. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1957.

Pitsch, H.: Hilfsbuch für die Funktechnik. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig KG, Leipzig, 1951.

Satschkow, D. D.: Anleitung zum Konstruieren von Rundfunkempfängern und anderen Funkgeräten. Fachbuchverlag Leipzig, 1955.

Jahrgänge der Zeitschriften

„radio und fernsehen"
„funkamateur"
„Funktechnik"
„Funkschau"

# DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR

In dieser Reihe finden Funkamateure, Radiobastler und interessierte Laien Themen, die der Praxis dienen und für den Selbstbau von funktechnischen Geräten das notwendige Wissen vermitteln.

Die einzelnen Broschüren haben etwa 80 bis 96 Seiten Umfang, zahlreiche Bilder und kosten je Heft 1,90 DM.

Bisher sind erschienen:

Band 1 Karl Andrae: **Der Weg zur Kurzwelle**

Mit dieser Broschüre werden junge Menschen für den Amateurfunk interessiert.

Band 2 Hagen Jakubaschk: **Tonbandgeräte selbstgebaut**
(2. Auflage in Vorbereitung)

Der Leser erhält praktische Hinweise zum Selbstbau von Tonbandgeräten.

Band 3 Dr. Horst Putzmann: **Kristalldioden und Transistoren** (vergriffen)

Band 4 Hagen Jakubaschk: **Tonband-Aufnahmepraxis**

Eine große Anzahl praktischer Winke und technischer Ratschläge gibt jedem Tonbandgerätebesitzer die Möglichkeit, sein Tonbandgerät vielseitig einzusetzen.

Band 5 Harry Brauer: **Vorsatzgeräte für den Kurzwellenempfang**

Es werden Wege gezeigt, wie mit Hilfe von Zusatzgeräten, sogenannten Vorsetzern, die handelsüblichen Rundfunkempfänger für den Empfang von Amateurfunksendungen ausgenutzt werden können.

Band 6 Klaus Häusler: **Frequenzmesser**

Hier wurden Erfahrungen und Unterlagen über die Frequenzmessung zusammengestellt, die jedem Funkamateur eine große Hilfe sind.

Band 7 Ehrenfried Scheller: **Fuchsjagd-Peilempfänger und Fuchsjagd-Sender**

Funkamateure finden hier wertvolle Hinweise über die Fuchsjagd und den Bau von Fuchsjagd-Empfängern und -Sendern.

Band 8 Karl-Heinz Schubert: **Praktisches Radiobasteln I**

Den Radio- und Funkbastelfreunden werden in dieser Broschüre die handwerklichen Grundlagen vermittelt.

Band 10 Otto Morgenroth: **Vom Schaltzeichen zum Empfängerschaltbild**

Der Anfänger wird in die Technik des Lesens von Schaltbildern eingeführt.

# INHALTSVERZEICHNIS

**Preis 1,90 DM**